

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Inovace mechanické části zakladače plechů

Mechanical Part Innovation of Metal Sheets Stacker

Student:

Lukáš Ondra

Vedoucí práce:

doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Ondra**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 70 Zemní, těžební a stavební stroje
Téma: **Inovace mechanické části zakladače plechů**
Mechanical Part Innovation of Metal Sheets Stacker
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Zpracujte obecný popis stroje, jeho využití a analyzujte danou problematiku. Proved'te konstrukční návrh strojního zařízení, včetně vodících prvků výtahu, jeho zadního opěrného ložiska, včetně analýzy jeho funkčnosti, popište jeho nedostatky a navrhnete nový způsob uchycení pro optimální vedení a dále pak také návrh spojení dvou sousedních hřídel pohánějících posuv „šuplíku“. Zpracujte výkresovou dokumentaci v dostatečném rozsahu. Konstrukci strojního zařízení podložte potřebnými pevnostními a kinematickými výpočty. Detailní specifikaci provozních, manipulačních a dalších parametrů určí zadavatel práce – Obchodní společnost Kredit, s.r.o.

Seznam doporučené odborné literatury:

JERÁBEK, K. *Metodika navrhování strojů*. 1. vydání, Praha: Ediční středisko ČVUT v Praze, 1999. 119 s.
LEINVEBER, J. - ŘASA, J. - VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-7183-164-6
KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře - části spojovací*. Ostrava: Ediční středisko VŠB-TUO, Ostrava, 2007. ISBN 978-80-248-1290-8
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: ČNI, 1996. 32 s

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce, za použití uvedené literatury a podkladů.

V Ostravě 15.5.17

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.17



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Lukáš Ondra

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Antonínská 137

687 25 Hluk

Poděkování

Chtěl bych poděkovat mému vedoucímu práce doc. Ing. Jiřímu Friesovi, Ph.D. a také mému konzultantovi Vladimíru Hrochovi, DiS. za čas, trpělivost, cenné rady a trpělivost při tvorbě této diplomové práce.

ANOTACE

Ondra, L. Inovace mechanické části zakladače plechů: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2017, 73 s. Vedoucí práce: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D

Diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem mechanické části zakladače na plech. Plechy jsou uloženy do jednotlivých šuplíků v příslušném patře, které jsou vysouvány pomocí výsuvného mechanismu a následně pomocí pohonu výtahu spouštěny do základní polohy pro manipulaci. Práce obsahuje požadavkový list, morfologickou matici, navržené koncepty a základní struktury. Výpočtová část obsahuje návrhové výpočty pohonu, řetězu a ložisek řetězových kol. Dále je také obsažená kontrolní výpočtová část, která kontroluje volbu motoru, řetězu, ložisek ozubených kol a zadních opěrných ložisek. Závěrem je uveden technický popis zařízení a navrženo konstrukční řešení, které je zdokumentováno v příloze diplomové práce.

Klíčová slova: Zakladač na plechy, výtah, věž, plech, skladování tabulového materiálu

Ondra, L. Mechanical Part Innovation of Metal Sheets Stacker: diploma thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Manufacturing and Construction Machinery, 2017, 73 s. Thesis head: doc. Ing. Jiří Fries, Ph.D

The diploma thesis deals with the design of the mechanical part of the sheet metal stacker. The sheets are placed in separate drawers, inserted in the respective floor, which are ejected out with assistance of pull-out mechanism and then driven by the elevator drive into the basic handling position. The work contains a wish list, a morphological matrix, proposed concepts and basic structures. The calculation part includes design calculations for the drive, chain and supporting bearings. Also there is included a control calculation, which is the part that controls the choice of motor, chain, gearbox and rear bearings. Finally, the technical description of the equipment and a design solution is presented and documented in the attachment of the diploma thesis.

Key words: sheet metal stacker, lift, tower, sheet metal, sheet metal storage

Tabulka použitých zkratek a vzorců

Zkratka (značka)	Význam	Jednotka
VZV	Vysokozdvížený vozík	[-]
R_{RK1}	Roztečná kružnice řetězového kola výtahu	[mm]
$l_{\text{ř}}$	Přibližná délka řetězu	[m]
$m'_{\text{výtahu}}$	Teoretická hmotnost výtahu	[kg]
$m_{\text{šuplíku}}$	Hmotnost šuplíku	[kg]
$m'_{\text{pš}}$	Teoretická hmotnost pohonu výsuvu šuplíku	[kg]
m'_{pv}	Teoretická hmotnost pohonu výtahu	[kg]
m_{m}	Hmotnost materiálu (plechu)	[kg]
$Q_{\text{ř}}$	Hmotnost 1 metru řetězu	[kg/m]
$m_{\text{ř}}$	Hmotnost řetězu	[kg]
F'_{c1}	Teoretická síla působící na řetěz	[N]
m'_{c1}	Teoretická hmotnost celé sestavy výtahu	[kg]
M'_{c1}	Teoretický moment působící na hnací kolo	[N·m]
$\eta_{\text{ř}}$	Účinnost řetězu	[-]
η_{vl}	Účinnost valivého ložiska	[-]
η_{c}	Celková účinnost	[-]
M'_{c}	Teoretický moment působící na motor	[N·m]
M_{m}	Katalogový moment motoru	[N·m]
M_{s1}	Moment působící na spojku	[N·m]
F'_{c2}	Síla na jedno rameno	[N]
F'_{vl}	Síla na jedno ložisko hnacího kola	[N]
F_{VK}	Výpočtová síla vodícího kola	[N]
F_{K}	Síla působící na vodící kolo	[N]

$m_{\text{výtahu}}$	Hmotnost výtahu	[kg]
$m_{\text{pš}}$	Hmotnost pohonu šuplíku	[kg]
m_{pv}	Hmotnost pohonu výtahu	[kg]
m_{cl}	Hmotnost celé sestavy výtahu	[kg]
F_{cl}	Síla působící na řetěz	[N]
M_{cl}	Moment působící na hnací kolo	[N·m]
M_C	Moment působící na motor	[N·m]
k_m	Bezpečnost motoru	[-]
n_m	Otáčky motoru	[1/min]
v	Rychlost pohybu výtahu	[m/s]
X	Kolmá vzdálenost na zadní opěrné ložisko	[mm]
F_g	Reálná síla působící na řetěz	[N]
M'_g	Moment působící na osu otáčení	[N·m]
M_g	Poloviční moment	[N·m]
F'	Síla působící na opěrné ložisko	[N]
C_0	Statická únosnost ložiska NUKR 90	[N]
k_s	Bezpečnost ložiska NUKR 90	[-]
F_B	Nosnost řetězu	[N]
$k_{\text{ř}}$	Bezpečnost řetězu	[-]
F_v	Síla na hnací kolo	[N]
F_{v1}	Síla na ložisko hnacího kola	[N]
k_{kh}	Bezpečnost ložisek hnacího kola	[-]
k_{kv}	Bezpečnost ložisek vodícího kola	[-]
$k_{\text{mř}}$	Koeficient ušetření materiálu řetězu	[-]

Obsah:

1	Úvod.....	11
1.2	Sklady.....	11
1.2.1	Druhy skladů.....	11
1.3	Skladování hutního materiálu.....	13
1.3.1	Skladování plechů.....	13
1.3.2	Uložení plechů	14
2.	Společnost Kredit.....	15
2.1.	Zakladače Driver box	16
2.2.	Automatický zakladač Tower	18
3.	Původní zařízení	19
3.1	Popis fungování zařízení.....	20
3.2	Výtah.....	20
3.2.1	Vertikální posuv.....	20
3.2.2	Horizontální výsuv.....	22
3.2.3	Spojka hřídelů.....	23
3.3	Výrobci automatických zakladačů plechů	24
3.3.1	Ferretto group	24
3.3.2	Remmert.....	25
3.4	Technologie zařízení z pohledu obsluhy zařízení	25
3.5	Specifikace zadání dle potřeb zadavatele.....	26
4	Návrh konceptu.....	28
4.1	Funkce, které jsou potřeba zajistit.....	28
4.2	Volba variant zařízení	28
4.3	Popis jednotlivých nositelů funkcí	30
4.3.1	Přenos vertikálního pohybu	30
4.3.2	Pohon	31
4.3.3	Umístění pohonu.....	32
4.3.4	Brzda.....	34
4.3.5	Pružná spojka hřídelů.....	35
4.3.6	Snímání polohy	38
4.4	Volba vhodných variant	40
5	Návrh zařízení.....	41

5.1	Přesnější popis zvolené varianty	42
5.2	Návrhové výpočty	43
6	Technický popis zařízení	48
6.1	Věž zařízení.....	50
6.2	Výtah	50
6.2.1	Ramena výtahu	51
6.2.3	Pohon výtahu	54
6.2.4	Pohon výsuvu šuplíků	55
6.2.5	Rám motoru	57
6.2.6	Podkladový stůl.....	58
6.2.7	Snímač polohy	59
6.2.8	Rozvody energií	60
6.2.9	Kotvení.....	60
6.2.10	Bezpečnostní prvky.....	61
6.3	Variabilita zařízení	61
7.	Kontrolní výpočty	61
8.	SIMULACE	66
9.	ANALÝZA ÚSPOR	68
10.	ÚDRŽBA A MAZÁNÍ	69
11.	ZÁVĚR	70

1 Úvod

Skladování určitých typů materiálů bylo problémem již dávno. Tyto počátky skladování se postupně vyvíjely ve způsoby, jak skladovat, kde v prvních fázích byly hlavně všeobecné sklady, postupem času se skladovací prostory stávaly více jednoúčelovými. Již není stejné úložiště pro všechno, ale různé typy pro různé materiály. Začaly se zvyšovat požadavky pro manipulaci, prostředí a také způsob uložení. V dnešní době se stále hledají nové způsoby uskladnění materiálů. Ať už to je pro občasnou manipulaci, nebo velmi vytiženou. Postupně se do skladování začaly přidávat mechanické prvky. Dnes je oblast skladování zaměřená především na automatizaci. Jedná se o automatické skladovací systémy a zařízení. Samozřejmě už je také implementace zařízení s databázemi v pc, kdy má kdokoli vždy přesný přehled, co je naskladněno a co ne. Automatické skladovací zařízení se různě liší a dají se rozdělit do více skupin. Může se také jednat o jen částečně automatizované malá stroje, až po obrovské automatizované skladiště, které může být navázáno přímo na výrobní proces.

[1]

1.2 Sklady

Sklad je definován, jako prostor, kde probíhá skladování, přemisťování a práce s materiály, či výrobky. Hlavní úkol skladu je dle jeho druhu. Především je to zásobník materiálu. Potom už záleží, zda je to zásobník, odkud se berou materiály určené k další výrobě, nebo je pro změnu určen pro hotové výrobky, které čekají na naložení a expedici.

[2]

1.2.1 Druhy skladů

Sklady se rozdělují dle různých kritérií. Tyto kritéria určují hlavně vlastnosti materiálů, které jsou skladovány, protože každý daný materiál potřebuje jiné vlastnosti skladovacího místa.

Dle teploty skladovacích prostorů

- Vyhřívání – Většinou menší sklady. Třeba pro svařované materiály pro urychlení přehřevu, či malé sklady talířů a potravin v restauracích
- S přibližně stálou teplotou – pro materiály, které nesmí být vystavovány vyšším teplotám, ale ani teplotám mrazu pro 5°C - 30°C
- Chlazené – Většinou pro uložení potravin, u kterých by se zvýšená teplota projevovala na zhoršení kvality výrobku, nebo jeho brzké zkažení. Hlavně pro ovoce a zeleninu. Teploty zhruba v rozmezí 3°C – 10°C
- Mrazírny – Pro skladování výrobků, které musí být zamražené, aby se nezkazily. Hlavně maso a masné výrobky. Teploty od -5°C a níže

Dle umístění

- Venkovní – Materiálu nevadí podmínky prostředí, jako je prašnost, vlhkost a povětrnostní podmínky
- Vnitřní – Materiál je choulostivý k vlivu prostředí

Dle tvaru materiálu a uložení

- Sypký materiál
- Kusový, volně ložený materiál
- Materiál ve svazcích
- Materiál na paletách

Dle doby uložení materiálu ve skladu

- Krátkodobé sklady
- Dlouhodobé sklady

Dle metody vyskladnění

- FIFO – (First In First Out) je metoda, kde se počítá s tím, že výrobek, který byl první naskladněn bude také první vyskladněn, toto můžeme vidět u výrobků podléhajících zkáze, jako jsou třeba potraviny atd.
- LIFO – (Last In First Out) je metoda, kterou si můžeme představit třeba jako stohování, kdy výrobek, který přišel do skladu jako poslední, je vyskladněn jako první. Používá se u výrobků nepodléhajících časové zkáze. Při tomto systému skladování se může stát, že výrobek, který došel jako první do skladu a je tedy jako poslední v řadě při vyskladňování, nikdy neopustí sklad.

[1]

1.3 Skladování hutního materiálu

Tyto materiály můžeme základně rozdělit do několika skupin

- Výrobky tyčového tvaru, jako jsou například všechny profily, tyče různých průměrů a trubky
- Výrobky ve svitcích, mezi které se řadí například dráty, pásy i tenké plechy ve svitcích
- Výrobky v tabulích, zde patří převážně plechy a také pásy

1.3.1 Skladování plechů

Plechů různých tloušťek i různých rozměrů je potřeba správně skladovat. Stohování u materiálu tohoto typu nejsou moc vhodné. Celková koncepce skladovacího zařízení pro

plechy je závislá hlavně danými rozměry plechů a způsobem manipulace, který se bude používat.

Možnosti manipulace s plechy jsou:

Lidská síla - nevýhodné, použití hlavně u plechů malých rozměrů a hmotností

Jeřáby – Různých typů, ať už mostové, konzolové, či jiné, všechny potřebují mít k materiálu přístup ve vertikálním směru. Pro uchycení plechů se používají hlavně ocelová lana, řetězy.

Vysokozdvížné i nízkozdvížné vozíky – Forma uchopení materiálu je buď napíchnutím na vidlice vozíku, či zavěšení za pomoci lan, či řetězů

V dnešní době se stále více upouští od starého uchycování plechů pomocí lan, či řetězů a více se do praxe zapojuje uchycení pomocí vakuových přísavek, nebo také pomocí elektromagnetu pro magnetické materiály.

1.3.2 Uložení plechů

Jako základní možnosti uložení plechů můžeme uvést horizontální a vertikální

Vertikální uložení v zakladačích – Méně používané, problémem u tohoto uložení je, že materiál dojde do skladu v horizontální poloze, musí se otočit a obdobná manipulace je většinou potřeba při vyskladnění

Horizontální stohování – Málo používané, pouze pro plechy stejných tlouštěk. V případě různých plechů položených na sebe připadá problém přeskládání v případě potřeby spodního plechu

Uložení v konzolových regálech – Hodně typů plechů, ale nedostatkem je nemožnost manipulace s plechy pomocí jeřábů. Jeřábem se dá zvednout pouze plech uložený ve vrchním patře.

Uložení v manuálně ovládaných zakladačích – Většinou potřebné vysunout dané patro, kde je plech umístěn. Manipulace možná jeřábem i VZV.

Uložení v automatizovaných zakladačích – Různé druhy zakladačů, které pracují

automaticky, že buďto se automaticky vysune příslušné patro, kde se nachází plech, nebo u vyšších zařízení sjede plech do výšky dostupné obsluhy.

[7]

2. Společnost Kredit

Historie Obchodní společnosti KREDIT, spol. s r.o. začíná od roku 1992, kdy společnost započala své fungování v areálu bývalého zemědělského družstva. Postupem času se stala firmou, zabývající se výrobou a montáží skladovacích zařízení různých velikostí a provedení. Od malých regálů pro domácnost, až po největší i pojízdné pro uložení různě rozměrných a různě těžkých materiálů. Své regály už má společnost třeba i na Hawai, v Číně, nebo Grónsku. Dnes společnost disponuje více než deseti konstrukčními řešeními skladovacích prostorů, které se liší dle použití, uskladněného materiálu, druhu pohonu a pojezdu. Nejmenší regálové systémy jsou jakékoliv použití s materiály malých rozměrů, například nejvíce v archivech. Pro potřeby uskladnění materiálu paletového typu disponuje společnost řešením buď konzolových regálů, nebo regálů paletového typu, kdy konzolové dovolují uskladnit materiály větších délek.

Dále jsou tu zařízení pro uložení tyčového materiálu. Opět své uplatnění zde naleznou konzolové regály, které nemají pohyblivé části, ale více výhodnější je v dnešní době použití konzolových regálů s výsuvnými patry. Tyto zakladače mohou být poháněny buď ručně lidskou silou, jako je točení klikou a navolení potřebného patra. Druhou možností je elektricky poháněný výsuv pater, který je pohodlnější, a také elektronický systém se stará o vysunutí vždy pouze jednoho patra.

Většina z těchto zařízení se vyrábí v možnostech buď stacionárního stání, nebo pojízdné. Pojízdné mají nespornou výhodu v úspoře prostoru. U stacionárních jsou potřeba uličky mezi regály pro obsluhu a manipulaci s materiály. Toto množství uliček eliminuje možnost pojízdných regálů. Díky jejich pohybu stačí pouze jedna ulička. U regálů menších rozměrů a nosností je pohyb řešen lidskou silou pomocí točením volantů a tím se regál uvede do pohybu. U zařízení větších rozměrů je potřeba již elektrického pohonu. Při tomto řešení si obsluha navolí požadovanou uličku a elektronika se už postará o zbytek. Obsluha má možnost navolit uličku více způsoby, ať už na rozvaděčích přímo u dané uličky, na

ovládacím panelu, či pomocí dálkového ovládání rovnou z VZV. Samozřejmostí u takovýchto zařízení hlavně vysokých nosností je nespočet bezpečnostních prvků, jako například snímače vzdálenosti jednotlivých vozíků, koncové spínače, nebo světelné závory zajišťující zastavení zařízení v případě vstupu osob do prostoru, kde zrovna probíhá posun regálů.



Obr. 1 Pojízdné paletové regály [8]

Pro uložení materiálů tabulového tvaru společnost kredit nabízí opět buď uložení v konzolových, či paletových regálech, ale kromě toho nabízí možnost s výsuvnými policemi s názvem Driver box, nebo automatizované zakladače typu Tower.

2.1. Zakladače Driver box

Jsou určeny pro zakládání jakýchkoliv plošných materiálů, které mají rozměry vhodné pro založení do tohoto typu zakladače. Jedná se o výsuvný skladovací box, který je primárně tvořen ze tří částí, kterými jsou: box, dveře boxu a výsuvy. Celá konstrukce driver boxu je ze svařovaných profilů. Hlavní část, kterou je box, tvoří hlavní nosnou část a je přikotven k podlaze. K boxu je na pantech připevněn pár dveří, ty jsou konstrukčně

vybaveny prvky pro zajištění pojezdu výsuvu. Poslední částí jsou jednotlivé výsuvné šuplíky, které slouží k uložení tabulí materiálu.

Polohy Driver boxu jsou dvě. První je základní a druhá pracovní. V základní poloze jsou všechny šuplíky zasunuty v boxu a dveře jsou zavřeny, čímž se šetří místo, ale také zavřené dveře zajišťují proti nechtěnému výsuvu některého ze šuplíku.

Pracovní poloha je s otevřenými dveřmi, které tak vytvoří kolejnice pro pojezd šuplíku a šuplík je vysunut. Vysouvá se vždy pouze jeden šuplík, a to do maximální polohy výsuvu. Vysunutí šuplíku jen částečně se nedoporučuje a vysunutí více než jednoho šuplíku naráz je z bezpečnostních důvodů zakázáno.

Všechny šuplíky mají na horní straně příčné nosníky, které zajišťují pohodlnou manipulaci s tabulemi plechu za pomoci VZV. Dále je možné obsluhovat zakladač ručně, nebo pomocí mostového jeřábu.

Mezi hlavní výhody zařízení tohoto typu patří přehlednost, dostatečná nosnost 3 000 kg na jednu polici a také možnost uzamčení zařízení proti přístupu neoprávněných osob, jelikož manipulace s materiálem může probíhat pouze v pracovní poloze, kdy jsou dveře výsuvu otevřeny. Také je výhodné, že při základní poloze zařízení se půdorysná plocha zmenší téměř o polovinu.

Tato řada zakladačů se vyrábí v provedení většinou do výšky 2 metry pro snadnou manipulaci, ale na požadavek zákazníka může být box opatřen nástavbou, která zvýší úložný prostor. Zařízení je v základní nabídce ve čtyřech rozměrech, které jsou:

1000 x 2000 mm, 1250 x 2500 mm, 1500 x 3000 mm a mimořádně i 2000 x 4000 mm, přičemž výška polic je 200 – 450 mm



Obr. 2 Zakladač Driver box [8]

2.2. Automatický zakladač Tower

Jedná se o automatický vertikální skladovací systém určený pro ukládání tabulového materiálu, převážně plechů. Zprostředkovává pohyb materiálu ze zakládaných míst do místa přístupného obsluze pro následnou manipulaci. Manipulační místo je ve výšce pohodlně dostupné obsluze a zajišťuje přizvednutí materiálu pro pohodlnou manipulaci. Manipulační místo lze dodatečně vybavit vážícím zařízením, které udává údaje o hmotnosti jednoho či více plechů, které pomůže v případě manipulace pomocí vakuových přísavek.

[8]



Obr. 3 Automatický zakladač Tower [8]

3. Původní zařízení

Celé zařízení se skládá z několika základních částí. Hlavní nosnou část, která je ukotvená k zemi, či pokud je možnost tak pro lepší stabilitu i ke zdem, tvoří věž zakladače. Tento zakladač má tvar věže, od toho odvozen název Towers, s přední stěnou otevřenou, kde uvnitř se v určitých rozstupech nachází kolejnice pro pojezd jednotlivých šuplíků, ve kterých jsou umístěny plechy. Další podstatnou část tvoří výtah. Ten zajišťuje přesun šuplíků ze zakladače do základní polohy pro manipulaci. Posledními částmi, které jsou potřebné pro správné fungování zařízení, jsou bezpečnostní prvky, kde se jedná o závory a pohyblivý plot, který zamezí osobám ve vstupu do prostoru manipulace a ovládací panel.

3.1 Popis fungování zařízení

Jednotlivé plechy jsou uloženy v šuplíku buď samostatně, nebo ve svazku. Šuplíky jsou v základní poloze zasunuty v zakladači ve svém určeném patře. V případě potřeby se na ovládacím panelu navolí potřebné patro, čímž se zařízení určí, do kterého patra má výťah vyjet. Po vykonání potřebných bezpečnostních kroků výťah vyjede do potřebné pracovní roviny pro určený šuplík s plechem. Výťah pomocí vysouvacího zařízení vysune pojízdný šuplík ze zakladače a následně sjede dolů do základní polohy. V základní poloze je plech přizvednut a šuplík sjede níže, čímž zpřístupní plech pro následnou manipulaci, či jiné úpravy.

3.2 Výťah

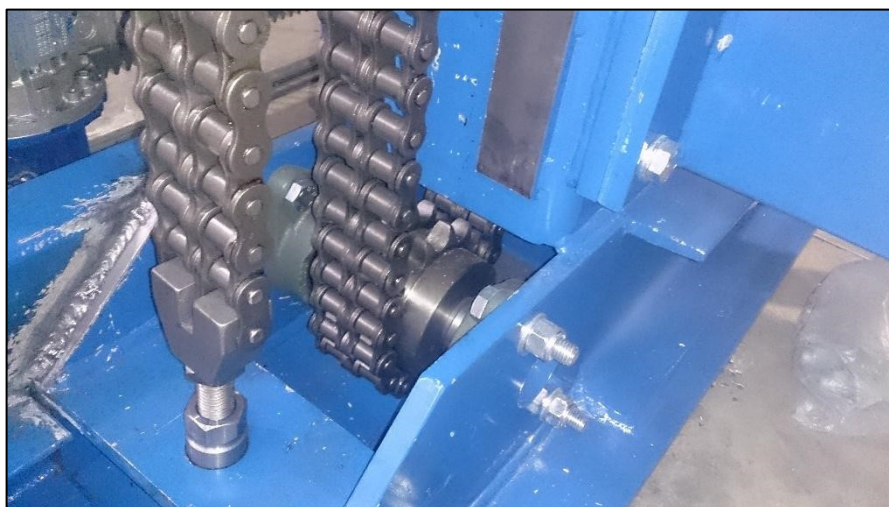
Výťah zařízení plní základní dvě funkce. První funkcí je pohyb ve vertikální rovině, který slouží k tomu, aby výťah vyjel do roviny totožné s rovinou kolejnic, na kterých je umístěn pojízdný šuplík. Je potřeba zajistit dostatečnou přesnost a také rychlost s jakou výťah docílí požadované výšky. Následně je také potřeba pohybu výťahu do spodní roviny do základní polohy pro možnost manipulace s materiálem. Druhá neméně důležitá funkce je vytažení šuplíku z daného patra a přejetím celou jeho délkou na plochu výťahu, či následně na konci požadované operace opět umístit šuplík do daného patra. Při konání tohoto pohybu je také nutno zabezpečit dostatečnou přesnost výsuvu, kdy je potřeba správné vzdálenosti vysunutí, při které nesmí nastat proklouznutí, či překročení maximální hodnoty výsuvu. Také je potřebný správný způsob přívodu energií k pohybujícímu se výťahu.

3.2.1 Vertikální posuv

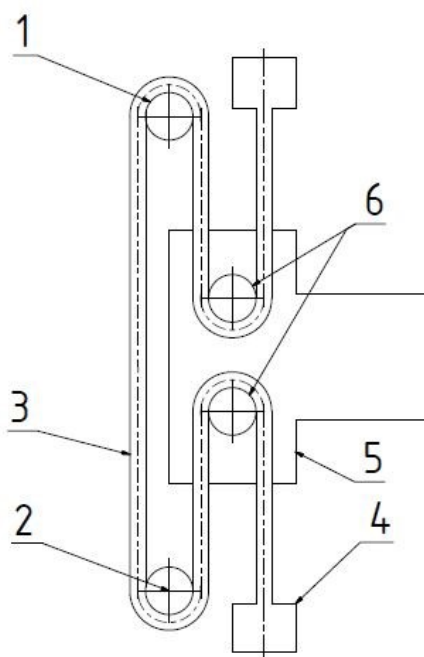
Vertikální posuv je řešen pomocí řetězových mechanismů, umístěných na bocích zakladače. Pohon pro tento mechanismus je umístěn na vrcholu zakladače pomocí jednoho motoru s převodovkou umístěného uprostřed, odkud je potom hřídeli rozváděn na dvojici řetězových mechanismů. Hlavní pohyblivou část tvoří dvouřadý řetěz, který je veden na

vrcholu spojen hřídeli s pohonem a na spodní straně uchycen na ložiscích k rámu stroje.

Celkový pohyb výtahu je realizován řetězovými koly, která jsou uložena na ložiscích a spojena s výtahem.



Obr. 4 Detail uchycení řetězu



Obr. 5 Schéma převodu

1 – Hnací řetězové kolo; 2 – Hnané řetězové kolo; 3 – Řetěz; 4 – Uchycení a napínání řetězu; 5 – Výtah; 6 – Řetězová kola výtahu

Pro správnou spolupráci pohonu řetězu je potřeba mít dostatečné informace o aktuální poloze. Toto je zajištěno pomocí dalšího, tentokrát jednořadého řetězu, který je

uchycen na zakladači. Na výtahu je umístěn snímač pootočení, který je připojen k ozubenému kolu za pomoci dvou dalších ozubených kol, které zabezpečují dostatečný úhel opásání kola snímače. Dle úhlu otočení, či počtu otáček snímače lze poté s dostatečnou přesností určit aktuální výšku výtahu.



Obr. 6 Snímač polohy

3.2.2 Horizontální výsuv

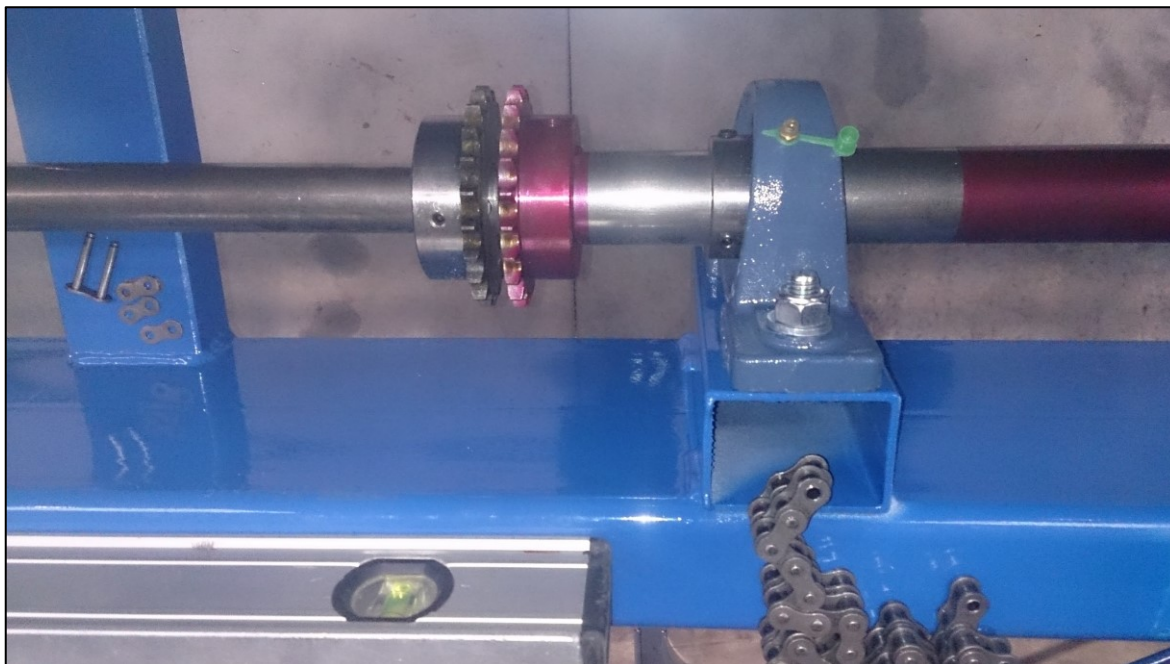
Pro vysunutí potřebného patra je potřeba zaháknout a vytáhnout zadaný šuplík. Toto se provede pomocí dvou táhel umístěných po stranách výtahu. Táhla jsou připevněna na nekonečném jednořadém řetězu poháněném jedním centrálním motorem s převodovkou, umístěným ve středu výtahu. Řetěz je dostatečně napnut a veden ve vodičích. Poloha vysunutí je snímána snímači.



Obr. 7 Horizontální pohybový řetěz

3.2.3 Spojka hřídelů

Jedná se o spojení dvou hřídelí, které jsou téměř rovnoběžné, ale z důvodu uchycení můžou být částečně osově, či úhlově vychýleny. Toto vychýlení není velké, je v malých hodnotách, ovšem omezuje použití souosých spojek hřídelů kvůli namáhání. Z důvodů konstrukce zařízení, rozvodu pohonu a uložení, není možno použít dlouhý průběžný hřídel, či jednoduchých spojek. V současné době je tato problematika vyřešena tak, že na koncích jednotlivých hřídelí, které mají být spojeny k sobě, jsou umístěna řetězová kola. Na tato kola je poté navlečen dvouřadý řetěz, který ale obepíná pouze tyto dvě kola. Vůle v řetězu umožňují určitý vzájemný pohyb hřídelí a toleruje určité výchylky, co se týče úhlu a souososti. Mezi jeho výhody patří jednoduchá konstrukce, kde jsou použity díly, které se používají i na zbytku zařízení, ovšem mezi nevýhody patří mírné nepřesnosti v přenášeném pohybu a také jejich prostorové a estetické vlastnosti.



Obr. 8 Spojení dvou téměř rovnoběžných hřídelů

3.3 Výrobci automatických zakladačů plechů

Tuzemských výrobců automatických zakladačů plechů je minimum, proto budu analyzovat hlavně Evropský trh. Je zde několik výrobců obdobných zařízení, kde každý má svůj mechanismu pohonu výtahu

3.3.1 Ferretto group

Je Italská společnost, založená roku 1956, která je výrobcem skladovací techniky. V poslední době se specializuje nejvíce na automatické skladové systémy

V jejich nabídce se také nachází automatický zakladač na plechy s typovým označením Steel Tower. Toto zařízení pracuje na podobné principu, jako naše původní zařízení, ovšem v určitých částech se liší. Výtah zařízení je konstruován také na principu řetězového převodu, kde řetěz je spojen pevně s výtahem a díky otáčení řetězových kol věže se udává do pohybu. Pohon tohoto řetězu je tvořen jedním motorem s převodovkou, umístěn na spodní levé části věže. Tento způsob má nevýhodu ve větších rozměrech, kdy zařízení musí být širší o konstrukci motoru. V nabídce mají pouze typ s nosností 3 000 kg a vyšší

nenabízejí. Jinak je konstrukční řešení podobné.

[12]

3.3.2 Remmert

Jedná se o německou společnost, která své působení na trhu se skladovacími zařízeními započala již v roce 1945. Dnes jsou prosperující firmou, která vyrábí různé druhy automatických skladovacích zařízení. Jako produkt pro ukládání plechů disponuje modelovou řadou Basic tower sheet. Jedná se také o šuplíkový zakladač s pohonem na obou stranách výtahu a použití šuplíků bez předních bočnic. Nabízejí také variantu s nosností 3 000 kg.

[13]

3.4 Technologie zařízení z pohledu obsluhy zařízení

V případě vyskladňování - pracovník přistoupí k zařízení, k ovládacímu pultu. Na ovládacím pultu pomocí dotykového displeje navolí potřebný materiál, který potřebuje vydat. Následně potvrdí vydání materiálu, čímž se uvede v chod zařízení. Během výdeje materiálu nesmí pracovník vstupovat do prostoru zařízení, ani nijak jinak zasahovat do procesu. Jakmile bude materiál připraven k manipulaci, oznámí to pracovníkovi zvukový signál, i obrazový signál na displeji. Poté může zaměstnanec, jakkoliv manipulovat s materiálem, ať už použitím VZV, jeřábu, či manuálně. Po odebrání materiálu opět na ovládacím pultu zvolí zaskladnění ať už prázdného šuplíku, či ještě se zbylým materiálem v případě, kdy odebral pouze část. Po zasunutí daného šuplíku do příslušného patra a spuštění výtahu do základní polohy je umožněno zase jiné vydávání, či zaskladnění materiálu.

V případě potřeby zaskladnění je postup obdobný, kdy první pracovník navolí daný prázdný šuplík, či šuplík kde je ještě místo po upozornění signálem může založit potřebný materiál a poté zadat, aby šuplík zajel zpátky do příslušného patra.

3.5 Specifikace zadání dle potřeb zadavatele

Jako hlavní část, ve které se budu v této práci zabývat je upravení výtahu zařízení, hlavně jeho pohonu. Jeden z hlavních faktorů, který je potřeba dodržet je cena zařízení, která by neměla být vyšší než cena současného řešení, takže se nám bude jednat o snížení finanční náročnosti výroby zařízení a použití co nejmenšího množství nakupovaných dílů. Také by bylo ideální, kdyby zařízení bylo konstruováno tak, aby se zkrátila doba montáže u zákazníka, což by mělo za příčinu snížení nákladů na montáž. Tedy, aby byla možnost co nejvíce částí zařízení zkompletovat již na předmontáži v areálu výrobní společnosti. Součástí návrhu má být také úprava spojky hřídelů za spojku vhodnějšího typu, která se má překontrolovat. Práce by měla obsahovat výpočty zadního opěrného ložiska, pevnostní analýzu nového systému vozíku, a také výpočet již zmíněné spojky hřídelů. Hlavní výstup práce má být zpracování s výpočty, 3D model v softwaru Autodesk Inventor 2017 a výkresová dokumentace sestav a hlavních dílů.

Po konzultaci se zadavatelem práce jsme vytvořili požadavkový list, kde jsou sepsány jednotlivé požadavky a k nim přiřazeno, jestli se jedná o nutnost, nebo o přání, kde by bylo ideální, kdyby to tak bylo, ale není to podmínkou.

Tab. 1 - Požadavkový list - požadavky pro inovaci zařízení

Požadavek	Specifikace	Nutnost	Přání
Jednoduchost	Jednoduché řešení, které usnadní práci montážníkům i výrobě		X
Cena	Snížit potřebu na cenu zařízení, hlavně u vertikálního posuvu	X	
Bezpečnost	Nový systém s bezpečnostním řešením proti nechtěnému pohybu výtahu	X	
	Omezení možnosti neoprávněného zásahu nekvalifikovaných osob do mechanismu zařízení		X
	Zajištění dodržení maximální hmotnosti		X
Údržba	Minimální potřeba pravidelné údržby pro ušetření nákladů na servisní zásah		X
	Dobře dostupné mazací místa bez		X

	potřeby demontáže		
Norma	Držet se daných norem a používat normované díly		X
Obsluha	Co nejmenší potřeba zásahu obsluhy do procesu vydání materiálu		X
Variabilita	Možnost použití pro danou výšku zařízení dle požadavků zákazníka	X	
Zakrytování	Lehce demontovatelné zakrytování pro servisní práce		X
Montáž	Předmontáž co největšího počtu dílů na dílně ve firmě		X
	U zákazníka již pouze kompletace celého zařízení		X
Hluk	nížení celkové hlučnosti zařízení		X

Tab. 2 - Požadavkový list - požadavky pro inovaci spojky

Požadavek	Specifikace	Nutnost	přání
Cena	Řešení v přijatelné ceně	X	
Silový přenos	Přenos kroutícího momentu v dostatečné přesnosti	X	
Vzhled	Estetický vzhled, ovšem s ohledem k ceně		X
Výroba	Použití dílů, které jdou vyrobit ve společnosti		X
Hlučnost	Snížit hlučnost		X
Chod	Plynulý chod bez cukání a nerovností	X	
Normy	Držet se norem		X
Rázy	Schopnost částečně eliminovat rázy		X

4 Návrh konceptu

4.1 Funkce, které jsou potřeba zajistit

Vertikální pohyb výtahu

- Posunutí výtahu do určeného patra
- Stejná rychlost posuvu pro zatížený i prázdný prvek výtahu
- plynulý rozběh a zastavení výsuvu

Pohon výtahu

- Zajištění rovnoměrného pohybu obou stran výtahu
- Správně dimenzovaný pohon

Brzda

- Pro zajištění stejné polohy vozíku
- Udržení polohy při přesouvání vozíku

Spojka hřídelů

- Pro rozebíratelné spojení hřídelí
- Přenos krouticího momentu s korekcí nesouososti

















Snímání polohy zařízení

- Pro informaci o okamžité poloze vozíku
- Pro kontrolu správné funkce zařízení

4.2 Volba variant zařízení

Nejprve jsme vyšli z námi definovaných funkcí, které je potřeba zajistit a z nich jsme navrhli morfologickou matici. Do morfologické matice jsme do krajního sloupce umístili dílčí funkce a do jednotlivých polí zapsali orgány, které jsou schopny dané funkce zajistit.

Tab. 3 - Morfologická matice

Dílčí funkce	Funkční principy / Orgány - nositelé funkcí			
Přenos vertikálního pohybu	Řetěz  	Pohybový šroub 	Hydraulika / pneumatika 	
Pohon	Elektromotory  	Hydromotory 	Pneumatické motory	
Umístění pohonu	Centrální na výtahu 	Centrální na Rámu	2 na bocích výtahu 	2 na bocích rámu 
Brzda	Na motoru  	Brzdy na rámu	Hydrostatická 	
Spojka hřídelů	Odhalmova	Obručová	Dvojitý kardanův kloub	Vlnovcová
Snímání polohy	Laserový snímač 	Enkodér na motoru 	Zvláštní vedení pro enkodér	Enkodér na stejném vedení jako výsuv 

Z dané morfologické matice jsem následně vždy popsal funkci, kterou chci, aby orgán plnil a poté doplnil upřesňující popis k jednotlivým nositelům funkce a do popisu popsal jejich výhody, i slabá místa. Následně jsem vždy pro každou funkci, kterou bylo potřeba zajistit, vytvořil tabulku pro hodnocení. Tyto tabulky obsahují vždy požadavek, jeho váhu a hodnocení. Váha požadavku značí jeho důležitost vzhledem k zadání. Požadavky a jejich váha byly voleny dle potřeby jednotlivé funkce s ohledem na požadavky zadavatele. Následně díky tabulky nám na konci vyšlo hodnocení jednotlivých orgánů pro následnou volbu optimálních řešení. Hodnocení jsem použil jako ve škole, tedy 1 jako nejlepší a 5 nejhorší.

4.3 Popis jednotlivých nositelů funkcí

4.3.1 Přenos vertikálního pohybu

Jedná se o člena konstrukce, který bude zajišťovat pohyb výtahu, tedy jeho vertikální výsuv do požadovaného patra, aby mohl být vysunut potřebný šuplík a následně pohodlně spuštěn do prostoru pro manipulaci. Jako takové budu uvažovat níže zmíněné varianty.

Řetěz

Tento typ použití řetězu pro přenos síly je stejný jako u původního zařízení. Je to hlavní tažný prvek, který zajišťuje pohyb výtahu nahoru a dolů. Jeho nevýhodou je potřeba mazání a vyšší hlučnost, kde ale tyto nedostatky kompenzují výhody ve formě rychlého pohybu, nízké ceny a jednoduše měnitelné délky a také pohodlné ustavování a napínání.

Pohybový šroub

Jeho výhoda by byla ve velké přesnosti a také jako brzdny element, kde pro dostatečné zabrzdění celého zařízení by nebyla potřebná tak účinná brzda, protože by šroub brzdil výtah svou samosvorností. Ovšem jeho rychlost zdvihu již by byla problémem, protože by nedosáhl dostatečné rychlosti a také mezi jeho nevýhody můžeme zařadit složitější ustavení a také nemožnost jednoduše měnit délku.

Hydraulika / pneumatika

U této možnosti se počítá s použitím hydraulických, nebo pneumatických válců po stranách, které budou vyvozovat vertikální pohyb výtahu. Mezi výhody můžeme zařadit dostatečnou rychlost posuvu, přesnost a také celkovou brzdění. Jako nevýhody se jeví vyšší cena zařízení a potřeba dvou válců po stranách rámu zakladače.

Tab. 4 - Porovnávací tabulka přenosu vertikálního pohybu

Požadavek pro přenos vertikálního pohybu	Váha	Řetěz	Pohybový šroub	Hydraulika/pneumatika
Cena	4	2	3	4
Množství nakupovaných dílů	2	2	2	4
Vyrobitelnost v podniku	3	2	2	4
Rychlost	3	2	4	1
Tichý chod	1	2	2	2
Bezpečnost	1	2	1	2
Plynulost chodu	1	2	1	2
Přesnost chodu	2	2	1	2
Potřeba mazání	2	2	3	2
Průměr	X	2	2,42105	2,78947

4.3.2 Pohon

Zařízení, které bude přeměňovat určitou vstupní energii na energii mechanickou, která bude působit na nositele vertikálního pohybu a ten poté na výtah, který uvede v pohyb. Vybírat budu z následujících variant.

Elektromotory

Jsou pro zařízení vhodnou volbou z důvodů, že elektrickou energii najdeme v každé firmě a její rozvod je jednodušší. Nevýhodou je jejich přesnost řízení a rychlost rozběhu a zastavení motorů.

Hydromotory

Měly by mít využití při použití hydraulických válců na celém zařízení. Výhody by byly přesnost, velká tuhost a přesné brždění výtahu zařízení.

Pneumatické motory

Tato volba pohonu by byla vhodná pro použití v provozech, kde mají nataženy rozvody vzduchu, pro již fungující zařízení, což by ale snižovalo možnosti použití zařízení ve všeobecných provozech. Jako nevýhody by byla nedostatečná tuhost, velká hlučnost a použití dílů velkých rozměrů z důvodu velkého zatížení zařízení.

Tab. 5 - Porovnávací tabulka pohonu

Požadavek pro pohon	Váha	Elektromotor	Hydromotor	Pneumatický motor
Cena	4	2	3	3
Tichý chod	1	2	2	3
Plynulost chodu	1	2	1	2
Přesnost chodu	2	2	1	3
Potřeba údržby	2	1	2	2
Průměr	X	1,8	2,1	2,7

4.3.3 Umístění pohonu

Jedná se o volbu umístění celkového pohonu, což bude mít vliv na konstrukci, cenu a také rozložení hmotnosti zařízení. Jako možnosti se jeví tyto varianty.

Centrální na výtahu

Tento typ pohonu je pro nás dle zadavatele pravděpodobně optimálním. Mezi jeho hlavní výhody by patřily hlavně možnost částečného smontování a ustavení rovnou na předmontáži při vyrobení zařízení a celá část výtahu by mohla být posílána už složená a tím by se snížily náklady na montáž na místě. Také je výhodou toho, že tento pohon by byl jeden ve středu výtahu. Mezi nevýhody můžeme zařadit zvýšení celkové hmotnosti výtahové části zakladače a složitější konstrukce. Je také potřeba pro tento typ upravit vedení energií.

Centrální na rámu

Centrální na vrcholu rámu je také současné řešení, ze kterého máme vycházet, které má nedostatky, které se projevují jak na složitosti a délce montáže u zákazníka, tak i na jeho ustavování. Výhody jsou jednoduchost konstrukce a také vedení energií, kde pohonná jednotka vertikálního pohybu zůstává na místě a nehýbe se.

2 na bocích výtahu

Toto řešení je podobné jako centrální pohon na výtahu, ovšem oproti té variantě počítá s použitím dvou pohonů po stranách. Mezi jeho výhody by patřila jednodušší celková konstrukce, protože by se mohly vynechat hřídelové spojky vyrovnávající nesouososti jednotlivých spojovacích hřídelů, a také obdobně možnost předmontáže již v podniku před transportem k zákazníkovi. Jako nevýhody má tato varianta hlavně potřebu dorovnávání obou postranních pohonů a tím pádem zajištění přesného chodu obou pohonů zároveň.

2 na bocích rámu

Tato forma je vhodná v případě použití hydromotorů, kde není možnost použití centrálního pohonu, či jej nějak umístit na výtah. Má své opodstatnění z důvodu velké tuhosti pohonu, ale stejně jako u předchozí možnosti je největší nevýhodou potřeba dorovnávání obou stran pohonu, které je z důvodu velké hmotnosti zařízení a použití velkých sil značně důležité.

Tab. 6 - Porovnávací tabulka umístění pohonu

Požadavek pro umístění pohonu	Váha	Centrální na výtahu	Centrální na Rámu	2 na bocích výtahu	2 na bocích rámu
Cena	4	2	3	4	4
Plynulost chodu	1	2	2	3	3
Složitost	2	2	1	4	3
Možnost předmontáže	3	1	2	1	2

Množství komponent	2	2	1	4	3
Průměr	X	1,75	2	3,16667	3,08333

4.3.4 Brzda

Brzda zajišťuje výtah. Působí proti jeho pohybu v případě zastavení a zajišťuje, aby výtah zůstal v poloze, ve které se zastavil, a to po celou dobu času potřebného pro vysunutí šuplíku. Tato brzda bude také sloužit jako nouzová či bezpečnostní brzda pro rychlé zastavení zařízení v případě poruchy. Samozřejmostí je sepnutí brzdy v případě výpadku proudu. Jednotlivé možnosti brzd jsou uvedeny níže.

Brzda umístěná na motoru

Velmi vhodná varianta díky své ceně a umístění, kdy se do zařízení objedná motor, který je už z výroby vybaven dostatečnou motorovou brzdou. Disponuje dostatečnou účinností. Mezi jeho nevýhody patří například to, že v případě poškození zařízení zajišťující přenos pohybu motoru na vertikální posuv výtahu by zabrzdil pouze motor a pokud by například prasknul řetěz, či jiný přenašeč síly, tak by výtah již brzděn nebyl.

Brzdy na rámu

Mezi jejich výhody patří hlavně jejich bezpečnost a přesnost, kdy i v případě poškození prvku pro přenos síly a vyvození pohybu výtahu, by výtah zůstal pevně zabrzděn a mohlo by to také sloužit jako nouzová brzda nezávislá na zbytku zařízení. Oproti této výhodě ovšem značně převažuje její velká nevýhoda, kterou je cena a složitost konstrukce, kde by bylo potřeba navrhnout vlastní pohon brzdy a vyvozovatele brzdného momentu, což by se promítlo do ceny zařízení a v neposlední řadě by se také prodloužila doba montáže.

Hydrostatická

Tato forma brzdy je vhodná pro použití pouze v případě, kdy pro pohyb budou

využity hydraulické písty po stranách zařízení. Mají nesporné výhody v tuhosti a také téměř minimální cena, kdy systém uzamčení hydraulických pístů bude již součástí rozvaděče. Mezi nevýhody patří možnost použití pouze u již zmíněných hydraulických pístů, v případě jiného pohonu by cena byla značná.

Pneumatická

Brzda pro použití v případě pneumatického pohonu. Výhodou by byla cena, ale značné nevýhody by byly nepřesnost a hlavně tuhost, kdy kvůli stlačitelnosti vzduchu a proměnlivého zatížení při vysouvání šuplíku, kde by výtah zřejmě bez dorovnávání neudržel potřebnou výšku.

Tab. 7 - Porovnávací tabulka brzd

Požadavek pro brzdu	Váha	Na motoru	Brzdy na rámu	Hydrostatická	Pneumatická
Cena	4	2	3	2	2
Bezpečnost	3	2	1	1	3
Složitost	2	1	3	2	2
Možnost předmontáže	3	1	2	1	1
Množství komponent	2	1	2	3	3
Množství nakupovaných dílů	3	2	2	2	2
Průměr	X	1,58823529	2,05882	1,76471	2,117647

4.3.5 Pružná spojka hřídelů

V našem případě je důležité hlavně, aby spojka přenášela dostatečný krouticí moment a také mohla korigovat rozdíly ve směru radiálním a také úhlové nepřesnosti. Nepřesnosti jsou v malých měřících, takže stačí spojky, které upravují pouze malé rozdíly.

Oldhamova spojka

Je to spojka, která je tvořena dvěma kotouči, z nichž každý má na sobě buď výřezy ve formě drážky, nebo opačné výstupky. Další důležitou část tvoří středový kus, který na sobě má také buď výstupky, nebo drážky, dle toho, jaké byly použity příruby. Tato spojka je hlavně pro korekce radiálního směru, i když také v určitých mezích dokáže korigovat i axiální posunutí a úhlové nepřesnosti. Spojka je určena pro použití při nízkých otáčkách. Je také potřeba spojku mazat. Při použití u hřídelích s rychlejším chodem hrozí nebezpečí přehřátí, či spálení spojky, což by vedlo ke snížení její životnosti a zvýšení opotřebení.

[4]

Dvojitý kardanův kloub

Oproti pouze jednomu kardanovu kloubu, nebo také homokinetickému kloubu se dvojitý kardanový kloub vyznačuje použitím dvou kloubů a spojovací hřídele. Toto zdvojení je schopno přenášet úhlové změny jako jeden kloub, ovšem mimo to je také schopno korigovat radiální posunutí. Dá se použít i u hřídelí s vyšší rychlostí otáčení. Dobře přenáší kroutící moment se zachováním přesnosti. Netlumí ovšem rázy. Tento typ spojky je potřeba mazat na pohyblivých místech, kde typ maziva a frekvenci mazání rozhoduje provozní teplota a otáčky hřídele. Nevýhodou je použití pouze pro menší kroutící momenty.

[5]

Pružná spojka obručová

Jejím hlavním nositelem funkce, což je přenášení kroutícího momentu, je pryžová obruč. Dokáže tolerovat nepřesnosti axiální, radiální a také úhlové. Většinou se používá při úhlovém rozdílu hřídelů do maximální hodnoty kolem 4° a celkové axiální a radiální rozdíly dokáže spojka korigovat v měřítku několika milimetrů. až po rozdíly v řádech centimetrů. Dále je schopná dobře pohlcovat kinetickou energii rázů. Její provozní spolehlivost je značná, neboť je téměř bezúdržbová a také hodně odolná vůči prachu a znečištění. Mazání spojky není potřeba jelikož hlavním konstrukčním prvkem pro přenos síly je pryžová obruč s textilní vložkou, či vložkou tvořenou z ocelových drátů. Z těchto parametrů můžeme jednoduše odvodit, že provozní náklady spojky jsou téměř nulové.

[3], [6]

Vlnovcová spojka

Tato spojka je malých rozměrů, která je schopna eliminovat v určitých mezích radiální, axiální i úhlové nepřesnosti, kdy velikost nepřesností, které je spojka schopna tolerovat, závisí hlavně na jejich rozměrech. Při překročení povoleného vyosení spojky, se snižuje její životnost. Hlavním přenašečem pohybu je vlnovec, který má dostatečnou torzní tuhost a mají velkou škálu použití pro různé kroucí momenty. Způsoby napojení spojky bývají často svěrné pro malé zatížení a přírubové pro velké kroucí momenty.

[10]

Tab. 8 - Porovnávací tabulka spojek

Požadavek pro spojku	Váha	Oldhamova	Obručová	Dvojitý kardan	Vlnovcová spojka
Cena	3	1	2	3	2
Množství nakupovaných dílů	2	1	2	4	2
Vyrobitelnost v podniku	3	1	2	2	2
Tichý chod	1	2	1	3	1
Bezpečnost	1	2	1	3	2
Plynulost chodu	1	1	1	2	2
Přesnost chodu	2	2	2	2	1
Potřeba mazání	2	3	1	2	1
Rozměry	2	2	4	2	1

Přenos momentu	3	4	2	2	1
Průměr	X	1,95	1,95	2,45	1,5

4.3.6 Snímání polohy

Jedná se o zařízení, které bude snímat aktuální polohu a posílat informace o ní do řídicí jednotky. Na tuto součást celého zařízení musí být kladeny požadavky na dostatečnou přesnost, která omezí možnosti chyb a nesrovnalostí polohy výtahu vůči šuplíku.

Laserový snímač

Velice přesný prvek v ideálních podmínkách. Fungoval by na principu snímání vzdálenosti mezi výtahem a pevným prvkem, například podstavcem rámu. Mezi jeho výhody patří již zmíněná přesnost, mezi nevýhody částečně cena, ale také použití v příliš prašném prostředí může snížit jeho přesnost, či jakýkoliv zásah z pohledu obsluhy do světelného paprsku by mohl mít za následek chybné změření vzdálenosti a tím by zamezil správné funkci zařízení.

Enkodér na motoru

Jedná se o enkodér (snímač natočení) umístěn za motorem, který současně ještě s brzdou a převodovkou by tvořil hlavní systém pohonu. Tento enkodér by udával informace o počtu otáček a aktuálnímu otočení motoru. Mezi výhody nesporně patří cena a také montáž, kdy by byl již součástí objednaného kusu zařízení. Mezi jeho nevýhody se dá vytknout hlavně přesnost, kdy v případě určitých nepřesností v převodu, či dalších přenašečích pohybu, by mohl určit polohu s odchylkami, protože neměří polohu výtahu, ale natočení již zmíněného motoru.

Zvláštní vedení pro enkodér

V tomto případě by se jednalo o enkodér umístěný na výtahu, nebo rámu, dle principu pohonu, a pomocí určitého obvodu, jako například: hřebenový převod, řetěz, řemen atd. by určoval aktuální polohu výtahu. Tento princip by měl výhodu v dostatečné přesnosti fungování, která by byla zaručena nezávislým vedením. Ovšem jsou zde také nevýhody, kde se jedná třeba o cenu, kde pro zvláštní vedení by bylo potřeba více dílů a také složitost konstrukce a následné montáže.

Snímač na stejném vedení jako výsuv

Pro různé způsoby pohonu by se použil jiný způsob, kde u pohybového šroubu by to byl snímač otočení šroubu, u pneumatiky a hydrauliky zase snímače průtoku a pro řetězový převod nejlíp pomocí snímače otočení, který by se odvaloval po řetězu. Výhody tohoto typu zařízení je dostatečná přesnost a také oproti předešlému způsobu také nižší cena.

Tab. 9 - Porovnávací tabulka snímačů polohy

Požadavek pro snímání polohy	Váha	Laserový snímač	Enkodér na motoru	Zvláštní vedení pro enkodér	Snímač na stejném vedení jako výsuv
Cena	4	3	1	3	2
Složitost	2	1	1	3	2
Možnost předmontáže	2	2	1	3	2
Množství komponent	2	1	2	3	1
Množství nakupovaných dílů	3	2	2	3	2
Přesnost zařízení	3	1	4	2	2
Potřeba přesné montáže	3	3	1	2	1
Průměr	X	2	1,73684	2,68421	1,73684

4.4 Volba vhodných variant

Po zhodnocení jednotlivých orgánů pro každou funkci, nám díky tabulce parametrů vyšla optimální řešení. Z těchto výsledků jsem sestavil 3 možné varianty, které jsou blíže popsány níže a označeny v morfologické matici.

1. Varianta ●

Tato varianta počítá s tím, že hlavním nositelem tíhy výtahu a přenašečem tahové síly bude řetězový mechanismus, který bude veden po stranách zařízení. Pohon bude zajišťovat elektromotor. Pro tuto variantu se počítá s jedním elektromotorem s převodovkou, který bude umístěn na konstrukci výtahu a hmotnostně rozložen optimálně do středu výtahu. S tím je potřeba počítat při navrhování rozvodu energií. Brzda bude součástí elektromotoru pro ideální cenu a s ohledem na montáž. Snímání polohy a tím zajištění potřebné přesnosti posuvu bude zajišťovat snímač pootočení, který nebude součástí motoru, ale bude využívat stejné vedení řetězu jako pohon, po kterém se bude odvalovat a zajišťovat tak dostatečnou informaci o poloze.

2. Varianta ●

Druhá varianta bude řešena také pomocí řetězu po stranách rámu, ovšem proti první variantě je plánováno pro vertikální pohyb použití dvou elektromotorů s převodovkou, každý na jedné straně výtahu, tzn. pro každý řetěz jeden pohon. Brzda opět řešena na motoru a tentokrát i snímač polohy plánován na motoru, kde bude snímat jeho pootočení. Díky dvojici snímačů bude možné kontrolovat pohyb obou stran výtahu a dorovnávat proti zpříčení.

3. Varianta ●

Tato varianta počítá s využitím hydrauliky, takže hlavní prvek, který vyvozuje pohyb, bude hydraulický píst, respektive 2 písty, protože kvůli prostorovým vlastnostem nejde použít centrální pohon. Tyto písty budou umístěny po bocích rámu. Brzda bude hydrostatická, kdy rozvaděč, který bude ovládat pohyb, se přepne do uzavřené polohy. Snímání polohy bude prováděno laserovým snímačem, který bude umístěn na rámu a snímat

aktuální polohu výtahu. Spojka hřídelů se v tomto případě v řešení neobjevuje, díky tomu, že zde není žádný rotační prvek.

Volba optimální varianty

Z analýzy jednotlivých variant si vytvoříme opět tabulku, kde podle několika hlavních kritérií rozhodneme, které variantě se budeme nakonec věnovat a navrhovat ji.

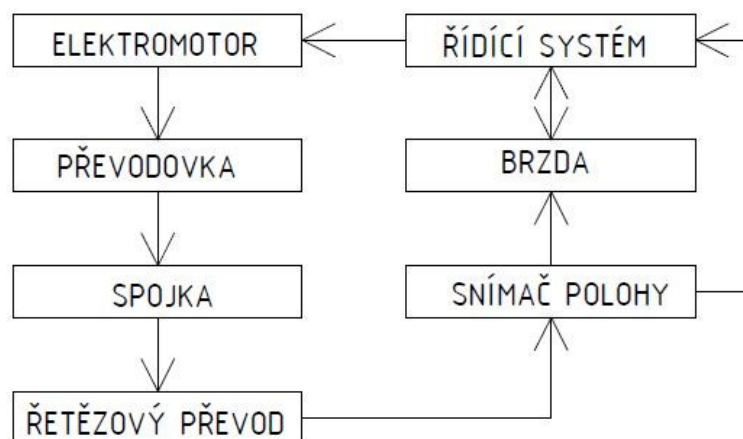
Tab. 10 - Výběr varianty

Požadavek	Váha	1. varianta	2. varianta	3. varianta
Cena	4	1	2	3
Možnost předmontáže	3	2	1	4
Množství nakupovaných dílů	2	1	2	4
Složitost	2	2	3	2
Inovace	2	2	3	2
Celkem	X	1,53846	2,07692	3,07692

Dle naší tabulky můžeme vidět, že nám podle našich požadavků vychází nejlíp varianta 1. V další části práce se budu zabývat řešením daného zařízení dle této varianty.

5 Návrh zařízení

Jako první jsem si pro lepší orientaci při konstrukci zařízení vytvořil základní blokové schéma zařízení.



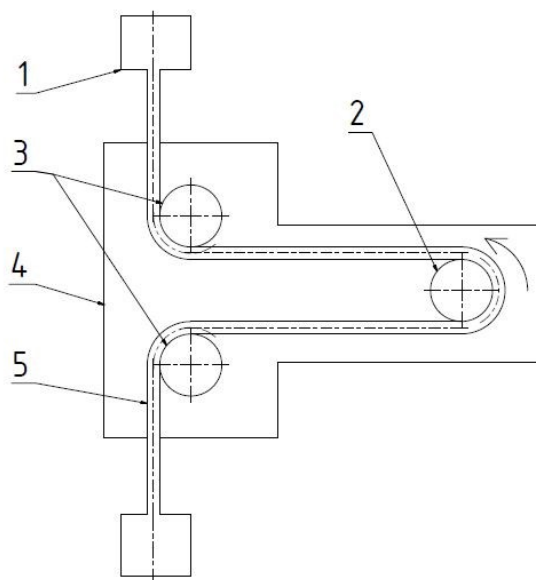
Obr.9 Struktura zařízení

Díky této orgánové struktuře můžeme začít navrhovat zařízení. Řídicí systém nebude obsahem konstrukce

5.1 Přesnější popis zvolené varianty

Pohon této varianty bude oproti původní situován na výtahu. Výtah je proto potřeba přetvořit, aby danou zátěž unesl a také, aby danému konceptu konstrukčně vyhovoval. Tohoto bude docíleno změnou vedení řetězu, který bude na rámu pevně uchycen a oba dva konce budou mít možnost napínání. Daný řetěz bude veden v konstrukci výtahu dle níže uvedeného prvotního nákresu. Skládat se bude z celkem šesti řetězových kol, kde pro každou stranu výtahu bude použito jedno hnané a dvě vodící kola. Konstrukčně musí být kolo hnané umístěno v takové části výtahu, aby umožnilo současné uložení mechanismu výtahu i mechanismu výsuvu daného šuplíku. Pro toto uložení bude vytvořen rám, který bude sloužit pro uchycení daných dvou motorů a rozvedení jejich mechanické energie na požadovaná místa. Při konstrukci bude potřeba se ohlížet na požadavky pro pohodlnou montáž. Povětšinou bude základní konstrukce celého výtahu tvořena čtyřhrannými profily. Kvůli celkové změně tvaru konstrukce výtahu bude potřeba následně upravit podložní stůl. Tento

stůl se stará o přizvednutí materiálu, když je výtah spuštěn do základní polohy, aby usnadnil manipulaci s materiálem a popřípadě umožnil jeho odvezení pomocí napíchnutí na vidlice VZV. Částečnou úpravou také projde hlavní část věže, kde výhodou bude zmenšení výšky celého zařízení díky absenci motoru na vrcholu věže. Věž bude také mít jednodušší vedení řetězu, díky absenci pohyblivých částí řetězu na její konstrukci.



Obr. 10 Schéma principu posuvu

*1 – uchycení a napínání řetězu, 2 – Hnací řetězové kolo, 3 – vodící řetězová kola,
4 – Konstrukce výtahu, 5 - Řetěz*

5.2 Návrhové výpočty

Návrh motoru s převodovkou výtahu

$$R_{řk1} - 65 \text{ mm} = 0,065 \text{ m}$$

$$m'_{\text{výtahu}} - 1100 \text{ kg} \quad - \text{ Odhadovaná hmotnost}$$

$$m_{\text{šuplíku}} - 237 \text{ kg}$$

$$m'_{\text{pš}} - 100 \text{ kg} \quad - \text{ Odhadovaná hmotnost}$$

$m'_{pv} - 300 \text{ kg}$ - Odhadovaná hmotnost

$m_m - 5\,000 \text{ kg}$

Určení teoretické hmotnosti řetězu výsuvu

$l_f \approx 6 \text{ m}$

$Q_f = 2,71 \text{ kg/m}$ - Katalogová hodnota pro řetěz 16B – 1 DIN 8187

$m_f = 6 \cdot 2,71 = 16,26 \text{ kg}$

$m'_{c1} = m_M + m'_{pv} + m'_{pš} + m_{šuplíku} + m'_{výtahu} + m_f = 5\,000 + 100 + 300 + 237 + 1\,100 + 16,26$

$m'_{c1} = \underline{6\,953,26 \text{ kg}}$

$F'_{c1} = m_{c2} \cdot g = 6\,953,26 \cdot 9,81 = 68\,211 \text{ N}$

$M'_{c1} = F_{c1} \cdot R_{RK1} = 68\,211 \cdot 0,065 = \underline{4\,433,746 \text{ N}\cdot\text{m}}$

Pro určení motoru pro naše zařízení je třeba ještě započítat účinnosti ložisek a řetězu

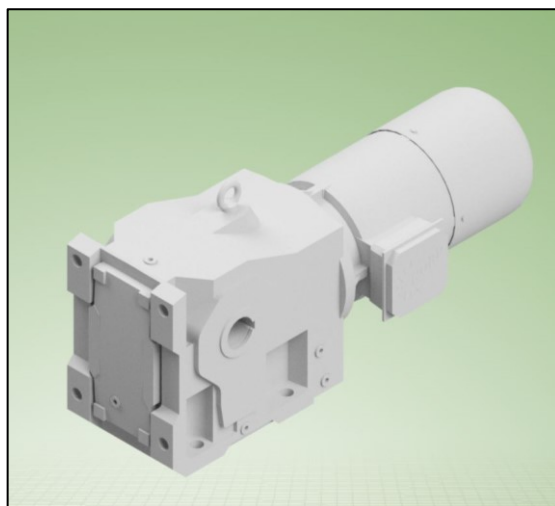
$\eta_f = 0,97$

$\eta_{vl} = 0,98$

$\eta_c = \eta_f \cdot \eta_{vl}^3 = 0,97 \cdot 0,98^3 = 0,913$

$M'_c = \frac{M_{c1}}{\eta_c} = \frac{4433,746}{0,913} = 4856,239 \text{ N}\cdot\text{m}$

Pro naše zařízení volím motor s převodovkou a brzdou od společnosti **NORD**,
onačený **SK-9072.1**



Obr.11 NORD SK-9072.1 [16]

Moment na výstupu – 5 422 N · m

Výkon – 18,5 kW

Otáčky – 33 1/min

Celková hmotnost – 441 kg

Bližší specifikace viz. příloha.

Návrh spojky hřídelů

Pro návrh použijeme moment motoru, tedy maximální moment, který může na spojích a na hřídelích nastat.

$$M_m = 5\,422 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$M_{s1} = M_m / 2 = 5\,422 / 2 = 2\,711 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Pro naše použití volím vlnovcovou spojku od společnosti Uzimex typu WK7/3000-136-85-SX



Obr.12 Spojka s typovým označením WK7/3000-136-85-SX od společnosti Uzimex [10]

Návrh ložisek hnacích a vodících kol

Hnací kolo

Uvažujeme použití dvou řetězů, vždy jeden na každé straně zařízení. Přenášená síla tedy bude hmotnost pohyblivých částí rozdělená na jednotlivé řetězy.

$$F'_{c2} = F'_{c1} / 2 = 68\,211 / 2 = 34\,105,5 \text{ N}$$

Počet ložisek na každé kolo bude 2, tedy i síla se kterou se bude počítat se musí dle toho přepočítat.

$$F_{v1} = F_{c2} / 2 = 34\,105,5 / 2 = 17\,052,75 \text{ N}$$

V případě hnacího kola je řetěz opásán kolem kola v úhlu 180° , tedy ložiska budou přenášet přímo předběžně vypočtenou sílu. Otáčky řetězového kola budou dle motoru. Jelikož maximální rychlost na výstupu z převodovky je 33 otáček za minutu, ložiska se budou kontrolovat pouze staticky.

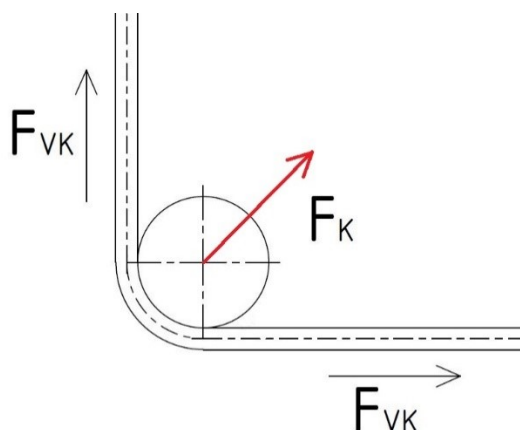
Volím válečkové ložisko, které je pro použití v případě převážně radiálních sil, od společnosti SKF NU 209 ECM

Statická únosnost tohoto ložiska je 64 kN, což je dostačující.

Vodící kola

Jelikož u těchto kol není opásání 180°, ale pouze 90°, bude na ložiska zde použita působí také menší síla, než co působí na hnací kolo.

Síla působící na ložisko.



Obr. 13 Náskres působících sil

$$F_{VK} = F_{V1} / 2 = 17\,052,75 / 2 = 8\,526,375 \text{ N}$$

$$F_K = \sqrt{2 \cdot F_{VK}^2} = \sqrt{2 \cdot 8\,526,375^2} = 12\,058,115 \text{ N}$$

Dle daných výpočtů volím válečkové ložisko od společnosti SKF NU 1008 ML

Návrh řetězu

Řetěz budu volit pro mechanismus pohybu výtahu, kde jej budu volit s ohledem na celkovou hmotnost výtahu. Budu uvažovat celkovou tažnou sílu na jeden řetěz, což se rovná síle F_{C2} .

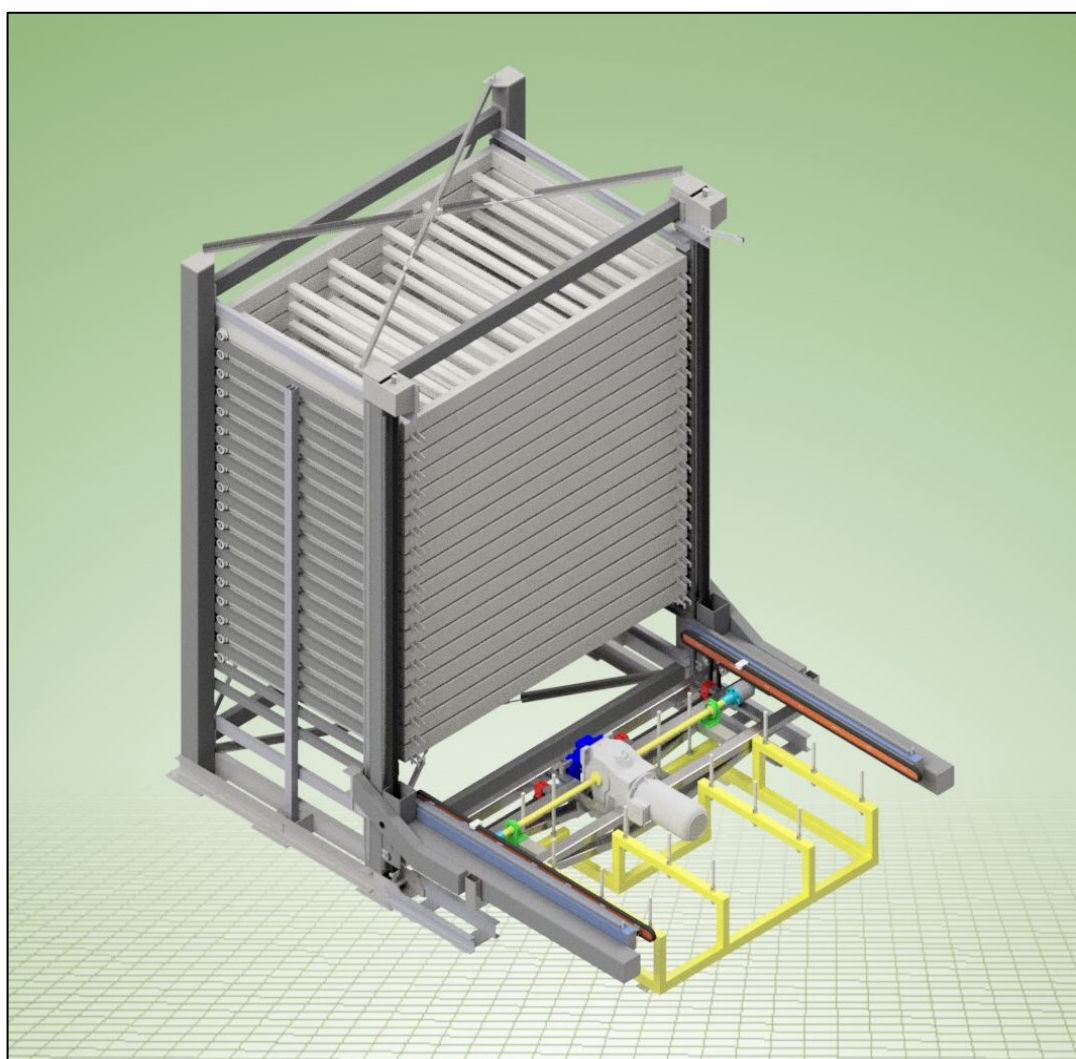
$$F_{C2} = 34\,105,2 \text{ N}$$

Dle této síly volím řetěz od společnosti Řetězy Vamberk, typu 16B – 2, dle normy DIN 8187.

Daný řetěz udrží sílu až 110 kN. Tento řetěz volím taky vzhledem k unifikaci dílů ve výrobě, jelikož je již používán na zařízeních obdobného typu.

6 Technický popis zařízení

Zakladač na plechy se skládá z několika hlavních částí. Hlavní nosnou část celé sestavy tvoří věž zakladače, která je pevně připevněna k podlaze a ve které jsou v jednotlivých patrech umístěny šuplíky pro uložení materiálu. Pro přizvednutí daného plechu slouží podkladový stůl, který je rovněž také spojen s podlahou a ustaven. Pohyblivou část zařízení tvoří výtah. Tento výtah se poté dá rozdělit do konstrukčních prvků, jenž jsou jednotlivá ramena, rámový držák motoru, mechanismus pohybu výtahu a mechanismus výsuvu požadovaného šuplíku.



Obr. 14 Zakladač na plechy

Po navolení potřebného patra na příslušném ovládacím panelu, se pomocí řídicího

systému uvede vchod velký elektromotor. Jedná se o elektromotor s převodovkou a zároveň i brzdou. Tento elektromotor začne pohybovat hřídeli, které jsou uloženy v kuličkových ložiscích a přes spojku převede pohyb ke hnacím kolům, umístěnými uvnitř každého ramene. Hnací kolo je opásáno dvouřadým řetězem, který je pevně spojen s věží zakladače a veden pomocí vodičích kol. Díky odvalování se po pevném řetězu, je schopen výtah vystoupat do požadované výšky, kterou určuje řídicí systém, dle potřebného patra. Danou výšku snímá laserový snímač polohy a odesílá do řídicího systému pro spolupráci s motorem. Jakmile výtah dosáhne požadované výšky, zajistí se pomocí brzdy, která je součástí motoru.

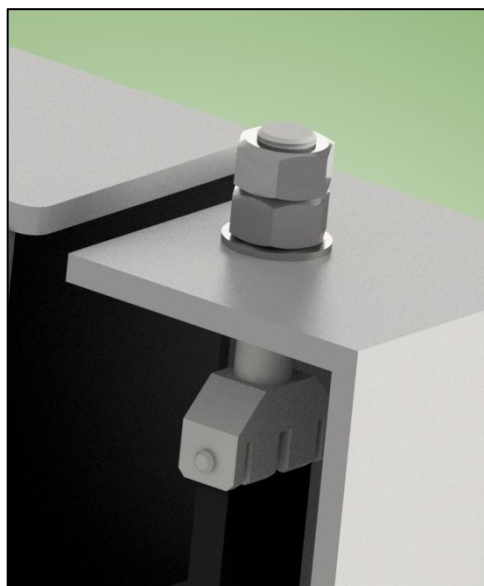
Jakmile řídicí systém zjistí, že výtah je ve správné výšce a je zabrzděn, uvede se v pohyb druhý menší motor. Z tohoto menšího, také zpřevodovaného motoru se dovede pohyb pomocí hřídele až na řetězová kola, taktéž jedno na každém rameni. Tato řetězová kola se starají o uvedení do chodu řetězů, které jsou vedeny po vodičích, které jsou téměř délky ramen. Spojka řetězu je o dost širší, než řetěz a to zajišťuje, že při správném pohybu řetězu se tato spojka zahákne za šuplík a tím ho uvede do pohybu. Šuplík přejede ze zakladače po kolejnicích na výtah celou svou délkou.

Jakmile je zajištěno celé vysunutí šuplíku, motor, který se stará o vysunutí se zabrzdí, aby se mohl výtah opět spustit. Toto spuštění probíhá odbrzděním hlavního motoru starajícího se o pohyb výtahu a uvedení jej v opačný chod, což bude mít za následek pohyb výtahu směrem dolů. Jakmile se výtah dostane do téměř své základní polohy, na materiál narazí na stojny podkladového stolu. Ty materiál přizvednou. Výtah sjede do základní polohy, tím umožní potřebnou manipulaci s materiálem, který se poté dá odvést pomocí VZV, jeřábu, či ručně.

Po skončení práce s materiálem se prázdné patro, zasune zpátky do zakladače, toto se provede stejným postupem jako výdej požadovaného patra, jen v obrácené pořadí. Základní poloha zakladače je taková, že všechna patra jsou zasunuta v příslušných polohách a výtah je spuštěn do základní polohy na zemi.

6.1 Věž zařízení

Jak již bylo zmíněno jedná se o hlavní nosný prvek zařízení a tomu odpovídá také její konstrukce. Tuto část zařízení jsem povětšinou nechával stejnou, jako byla na původním zařízení, změnou prošlo pouze uchycení řetězů a konstrukce motoru a rozvodu pohybu. Celá velká konstrukce motoru byla odstraněna, stejně jako hřídele a jejich uložení a nahrazena pouze jednoduchým nosníkem, který dostatečně plní svou funkci, jakožto pevnostní prvek zařízení a výztuha. Úpravou také prošly konzoly, které sloužily pro uchycení a uložení řetězu. Díky tomu, že řetěz již není v této verzi pohyblivým, ale je uložen na pevně, není potřeba uložení ozubených kol v hřídelích a tím se také zmenší již zmíněné konzoly. Novou částí je napínání řetězu, které je řešeno pomocí uchycení řetězu na prvek se závitovou tyčí a napínán pomocí utahování dvou kontra matic.



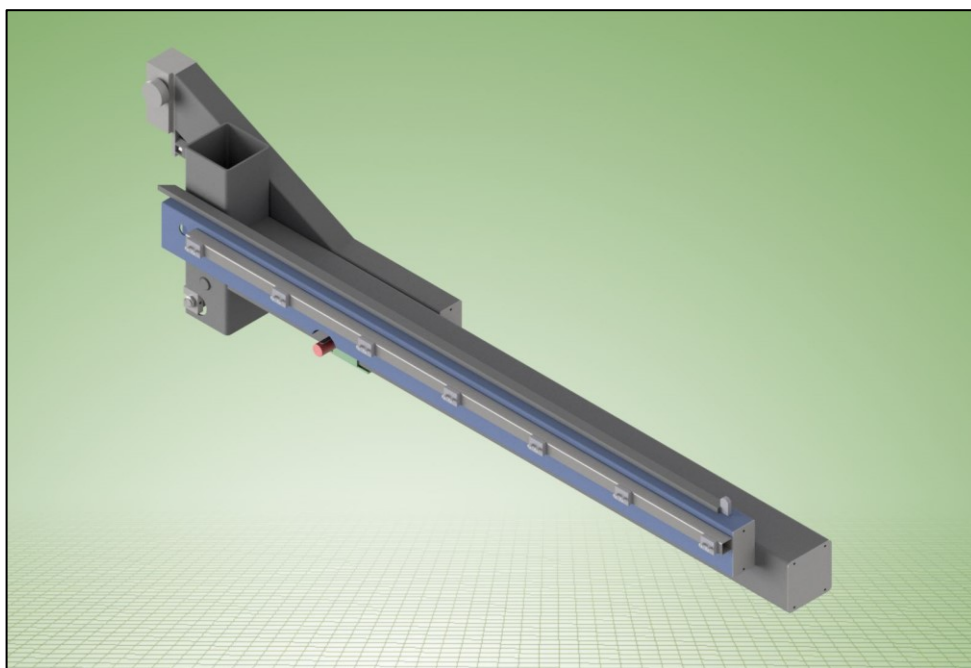
Obr. 15 Napínání řetězu

6.2 Výtah

Pohyblivá část zakladače, která vykonává vertikální pohyb a tím dojde do požadované výšky pro dané patro. Jedná se o část, která prošla nejvíce celkovou inovací, se kterou je, ale současně spojen nárůst celkové hmotnosti. Z toho důvodu provedeme u určitých komponent pevnostní analýzu a také výpočty. Celou část výtahu bych rozdělil do několika částí, kterým se budu následně věnovat.

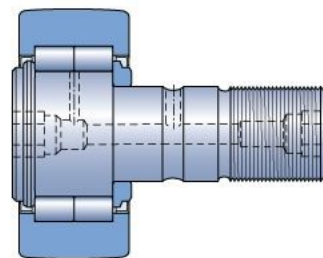
6.2.1 Ramena výtahu

Tvoří hlavní nosnou část celého těla výtahu, je na ni kladen tedy důraz, co se týče pevnosti. Základní tvar tvoří svařenec ze čtvercových profilů šířky 200 mm, které jsou svařeny do tvaru písmene T. Kratší průchozí část obsahuje vodící řetězová kola a delší neprůchozí, kolo hnané. Dále jsou na tento základní tvar z důvodů konstrukčních, či pro zvýšení pevnosti postupně navařovány další profily, či žebra. Jedná se převážně o čtvercové a obdélníkové profily, výjimečně jsem použil L profil pro spojení některých dílů. Oproti původní konstrukci zařízení byly použity jiné díly a celkově byla oproti zbytku pozvednuta plocha, na které je vysunut šuplík. Tato plocha je vlastně pásovina navařena na obdélníkovém profilu a ta zajišťuje pevné a přesné podmínky pro najetí vozíku na výtah. Celkově musela být oproti původní verzi přizvednuta z důvodu uložení velkého motoru na konstrukci výtahu. Tento motor omezoval zařízení svou velikostí především na výšku a přizvednutí kolejnic se ukázalo jako nejlepší volba pro kompenzaci tohoto rozdílu.



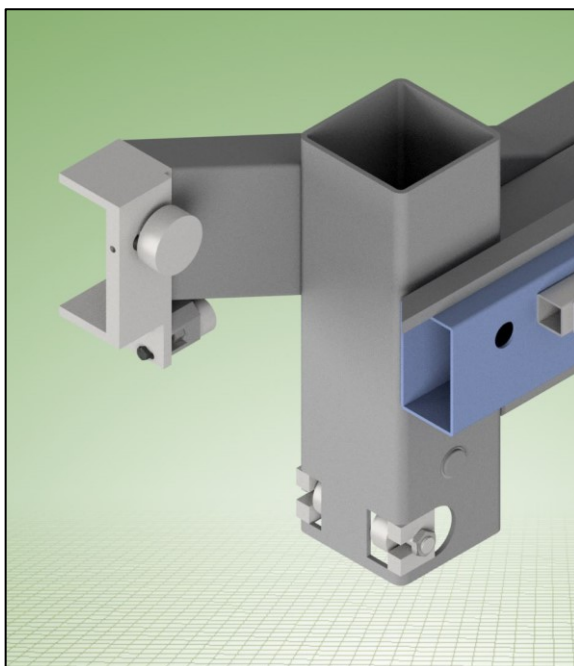
Obr. 16 Rameno výtahu

Jako hlavní nedílnou součást ramene lze uvažovat také valivá ložiska u uchycení. Tyto ložiska byla převzata z původní verze a slouží po odvalování po předních nosných sloupech věže. Aby tento pohyb byl plynulý po rovné části, jsou na sloupech navařeny pásoviny, jako dráhy pro ložiska. Jako ložiska jsou použita speciální ložiska od společnosti SKF řady NUKR.



Obr. 17 Ložisko typu NUKR

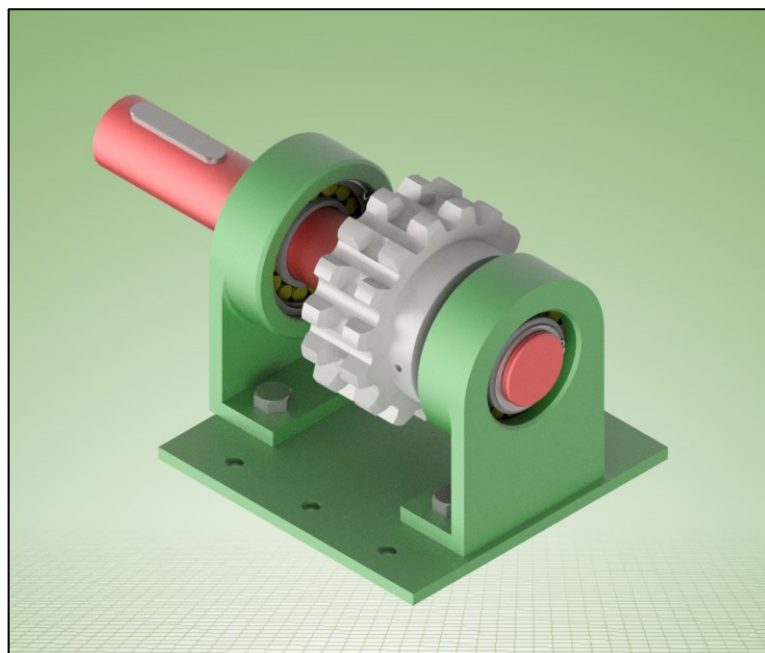
Ložisko typu NUKR je dvouřadé válečkové ložisko, bez příruby mezi jednotlivými válečky. Tento typ konstrukce umožňuje použití ložiska při velkých axiálních silách. Pro naši konstrukci je toto ložisko vhodné, neboť má hned z výroby na rozdíl od obvyklých ložisek místo díry hřídel, tudíž se nemusí zbytečně řešit uložení ložiska pro případ pouze jednostranné hřídele. U našeho zařízení použijeme pro každé rameno celkem 3 typy ložisek. Jako opora, která vede po přední straně sloupu je použita dvojice ložisek s typovým označením NUKR 72, která jsou umístěna na spodní části průchozího profilu. O boční vedení se stará boční ložisko typu NUKR 52. Jedná se o nejmenší z daných ložisek z důvodu, že na celé zařízení budou působit pouze minimální síly, které by působily na pohyb výtahu do stran, ložisko tedy plní hlavně funkci vedení. Jako hlavní ložisko, které drží podstatnou hmotnost celého výtahu je zadní opěrné ložisko, jenž je uloženo na svařované konzoli ze čtyřhranných profilů. Jelikož je nejvíce namáháno, je také největší a jedná se o ložisko typu NUKR 90. Toto zmíněné ložisko poté máme za úkol staticky, či popřípadě dynamicky zkontrolovat.



Obr. 18 Uložení ložisek NUKR

Součástí ramene jsou také vodící kola a hnací kolo. Vodící kola jsou umístěna v průchozí svislé části. Jsou na ložiscích NU 1008 ML, která jsme vypočetli v předchozí části. Každé kolo je uloženo na dvou ložiscích a tato ložiska jsou proti pohybu zajištěna nákržky, které jsou nasunuty na hřídelích a pojištěny jisticím šroubem. Toto uložení umožňuje následné vycentrování řetězového kola do požadované polohy. Hřídele jsou uloženy v profilu a pojištěny po stranách pojistnými kroužky vnějšími.

Hnací kolo je uloženo v delším neprůchozím profilu a je poháněno od hlavního motoru. Kolo je uloženo na hřídeli a pojištěno perem proti pootočení, ale také pojistným šroubem proti posunutí. Díky tomu se dá také částečně vycentrovat. Daná hřídel je uložena v ložiscích NU 209 ECM, která jsme taktéž vypočetli a poté zvolili. Ložiska jsou v ložiskových domcích, které jsou spojeny s deskou. V domcích jsou ložiska pojištěna vnitřními pojistnými kroužky a na hřídeli zase pomocí vnějších pojistných kroužků. Dané domky musí být dostatečně pevné z důvodu tlakového napětí působícího na boky. Tahové napětí vzniká z toho důvodu, že pro uložení této části musí být spodní část čtvercového profilu vyříznuta a toto celkové uložení ji nahrazuje, tedy nahrazuje i její pevnostní funkci.

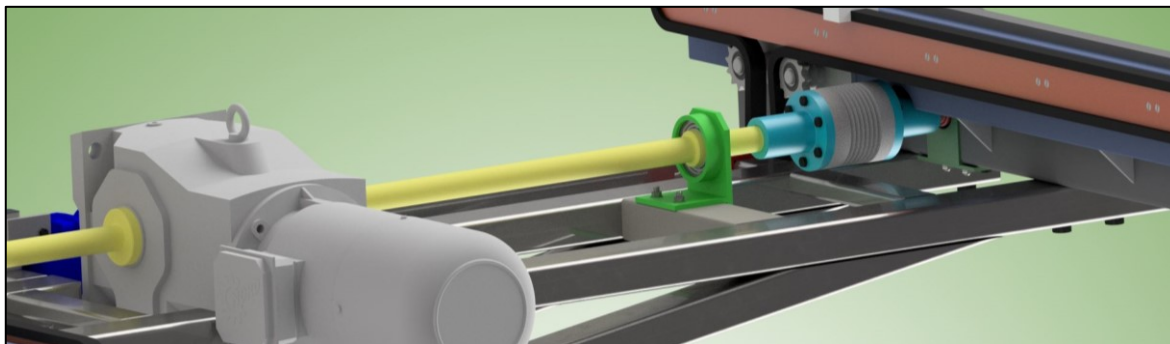


Obr. 19. Uložení hnacího kola

6.2.3 Pohon výtahu

Výtah je uváděn v pohyb pomocí hnaného kola, které se odvaluje po námi zvolenému dvouřadému řetězu a tím táhne výtah nahoru. Celková sestava je tvořena hlavně motorem typu SK-9072.1 od společnosti NORD. Jedná se o motor s brzdou a převodovkou, který má průchozí díru pro hřídel s perem. Tento motor je položen na rámu ze svařených profilů. Po montáži motoru je potřeba odšroubovat vrchní oko motoru, které slouží pro manipulaci s ním. Toto oko by mohlo překážet a ovlivňovat následnou funkci zařízení. Vedení je tvořeno tedy dvojicí hřídelí, které přenáší pohyb od středu výtahu k jeho ramenům. Tyto hřídele jsou uloženy v jednom ložisku, které se nachází v domku ložiska, který je uchycen na rámu zařízení. Jedná se o ložisko NU 212 E, které je uloženo v domcích a pojištěno pomocí vnitřního pojistného kroužku. Na hřídeli není nijak ložisko zajištěno, protože axiální síly nám zachycují ložiska převodovky a hnacího kola. Domek je spojen se svařovaným rámem pomocí dvojice šroubů s matkami a podložkami o rozměrech M12. Daná hřídel je na jednom konci spojena s motorem pomocí pera. Na druhém konci je spojena s hnacím kolem, kde ovšem mezikusem pro srovnání určitých menších nerovností je spojka. Jedná se o spojku vlnovcovou, kterou jsme zvolili dle našeho výpočtu a je schopna dané nerovnosti srovnat. Nakupovaná je pouze střední část spojky, tudíž ostatní díly se vyrobí. Střední část spojky má být spojena s danými hřídeli na každé straně pomocí přírubového spojení s šesticí šroubů rozměru M12. Tudíž budou potřeba také příruby, které budou se hřídelemi spojeny pomocí

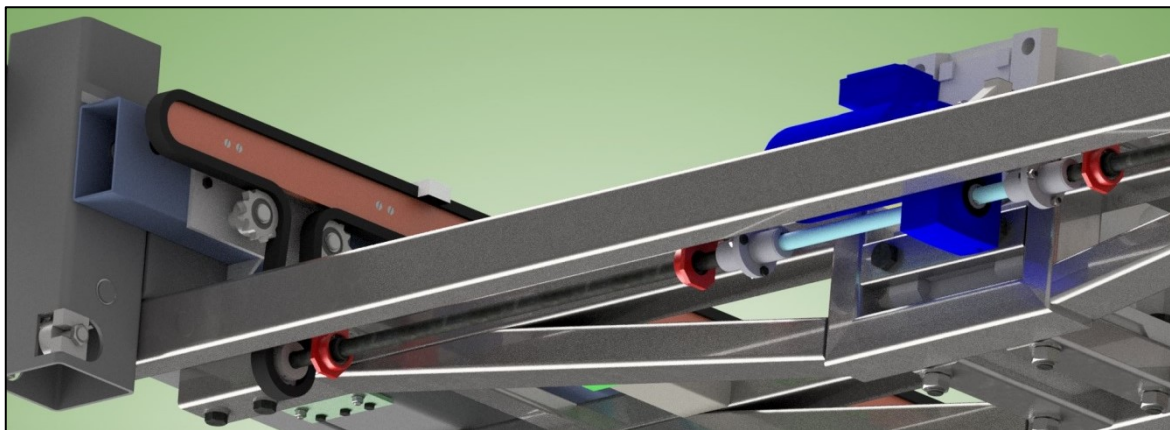
pera a se spojkou již zmíněnou šesticí šroubů.



Obr. 20 Vedení pohonu výtahu

6.2.4 Pohon výsuvu šuplíků

O vysunutí šuplíků se stará sestava výsuvu, kterou můžeme rozdělit na dvě základní části, které jsou řetězový mechanismus a rozvod mechanické energie k řetězu. Jako vyvozovatel pohybu je motor s převodovkou, uložený podélně s hřídelí. Tento motor je převzat z původní konstrukce zařízení a protože se v oblasti hmotnosti šuplíku a jeho vysunutí odehrály pouze minimální změny, můžeme tento motor použít i u našeho zařízení. Jedná se o motor s převodovkou typu SK1282AG od společnosti NORD, který disponuje výstupním momentem 208 N·m. Tento motor je spojen s rámem pomocí konzole se šroubem M12. Zároveň jako prvek, který ustavuje motor do potřebné polohy je průchozí hřídel. Průchozí hřídel je spojen s převodovkou pomocí dvojice per. Hřídel slouží k rozvodu energie od motoru až ke krajním řetězovým kolům umístěným u ramen výtahu. Je uložen na každé straně ve dvou ložiscích typu 6006 2RZ od společnosti SKF. Tyto ložiska jsou uložena v domcích, které jsou spojeny s rámem také pomocí dvojice šroubů, tentokrát o rozměrech M10. V domcích jsou ložiska zajištěna vnitřními pojistnými kroužky. Proti axiálnímu posunu brání vlastní konstrukce hřídele. Hřídel je z konstrukčních a montážních důvodů rozdělen na 3 části, kde krajní jsou stejné, jen prostřední jiná. Pro spojení těchto hřídelí jsem využil stejných spojek, jako byly u původního zařízení, tedy přírubové spojky, každá spojena pomocí trojice šroubů rozměru M10. Následně jsou na obou koncích hřídele připojena řetězová kola pro jednořadý řetěz. Tato kola jsou nasunuta na hřídelích a pojištěna pomocí per a pojistných šroubů. Tento způsob uložení umožňuje částečné vycentrování kol vůči řetězům.



Obr. 21 Vedení pohonu výsuvu

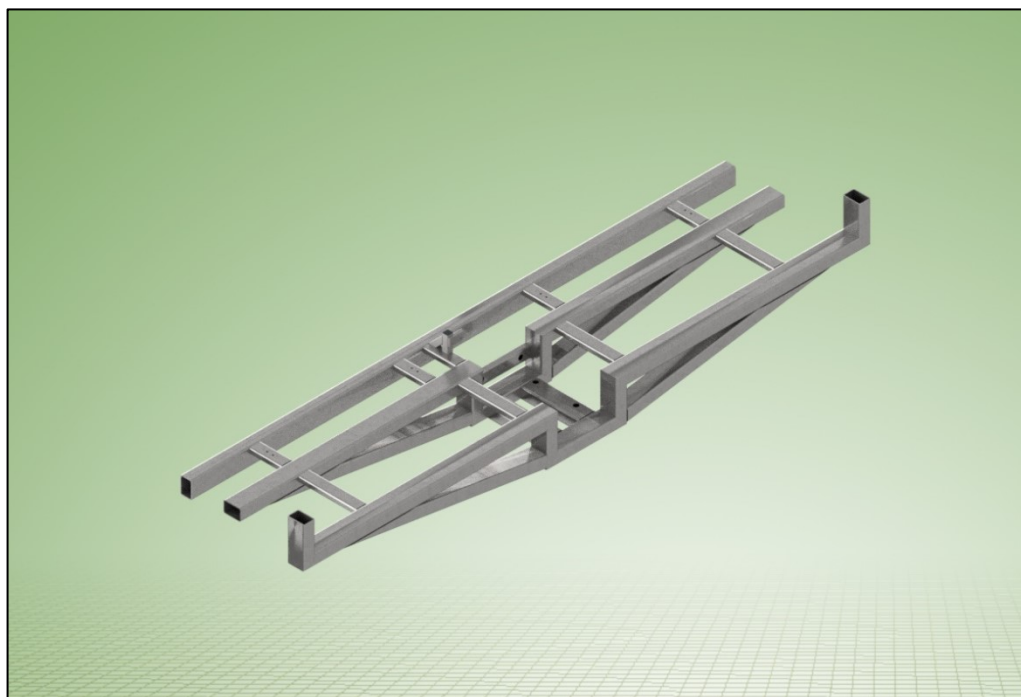
Druhou částí výsuvného mechanismu tvoří řetězový mechanismus. Tento mechanismus je tvořen řetězem, který je veden po vodící desce. Tato deska tvoří jakoby kolejnici pro udržení správného pohybu řetězu, jedná se o řetěz, který jsem převzal z původního zařízení a je to typ 16B – 1 normy DIN 8187 taktéž od společnosti Řetězy Vamberk. Je stejného typu, jako řetěz horizontálního pohybu výtahu, pouze s rozdílem, že je jednořadý. Tento řetěz je pohyblivý a vede skrze hnací kolo a dvě vodící kola. Tato kola jsou uložena na desce s dvěma hřídeli. Uložena jsou vždy na dvojici ložisek 6006 2RZ od společnosti SKF. Proti vysunutí jsou zajištěna pojistnými kroužky. Zároveň se tyto vodící kola starají o napínání řetězu. Řetěz je spojen spojkou. Tato spojka má více využití, jednak spojuje daný řetěz a také slouží jako člen, který vysune daný šuplík. Vysunutí je uzpůsobeno tak, že na vozících jsou čelisti, které mají mezi sebou větší rozteč, než je šířka řetězu, ten jimi tudíž projde. Spojka je ovšem značně širší, než řetěz, a tak se za čelisti zahákne a tím vozík vysune.



Obr. 22 Řetězový mechanismus výsuvu šuplíků

6.2.5 Rám motoru

Jeden ze základních dílů, je rám motoru. Tento rám je tvořen svařovanou konstrukcí z různých čtyřhranných profilů. Tento rám má za úkol hlavně plnit funkci uchycení obou motorů. Vzhledem k celkové hmotnosti hlavně většího motoru, je potřeba aby tento rám byl schopný dané komponenty udržet a zachovat potřebnou tuhost celé soustavy. Oproti předchozímu rámu je rozšířen o větší motor s převodovkou, který byl původně umístěn na vrcholu rámu sestavy. Nová poloha motoru má proti té původní několik nesporných výhod, mezi které patří širší možnost předmontáže, kde tato část celého zařízení bude schopna být odeslána již smontovaná a také je zde nesporná výhoda v přístupu, kdy při potřeby určitého zásahu, nemusí servisní technik lézt až na vrchol zařízení, ale může opravu provést na zemi ve výšce mu vyhovující.



Obr. 23 Rámový držák motorů

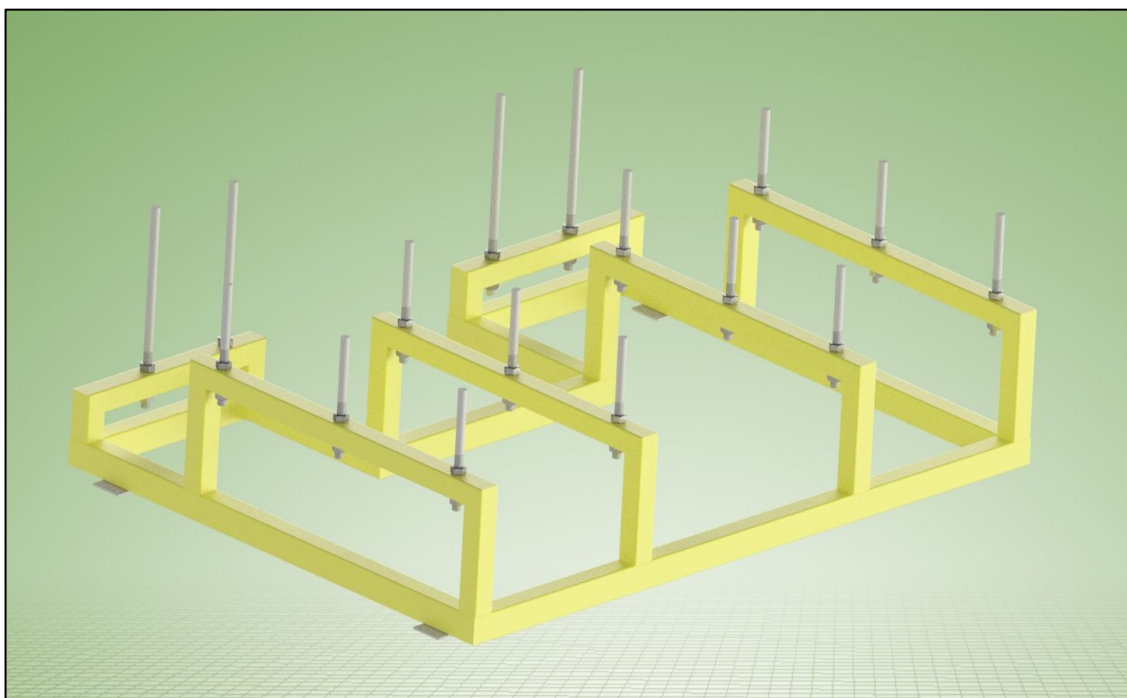
Na obrázku můžeme vidět tvar daného držáku motoru. Je tvořen čtyřhrannými profily, které jsou vzájemně spojeny převážně koutovými svary. Velký motor je s rámem spojen pomocí šestice šroubů M30. Je také velmi důležité spojení tohoto rámu s rameny výtahu, proto pro toto spojení jsme volil vždy 6 šroubů velikosti M24 po každé straně,

dohromady tedy 12. Pro rám jako takový bylo potřeba provést pevnostní analýzu, jestli zatížení motorů zvládne.

6.2.6 Podkladový stůl

Tento stůl je situován v přední části zařízení pod výtahem. Jeho hlavní funkce je přizvednutí materiálu. Bez přizvednutí by se materiál nedal naložit na VZV pro manipulaci s ním, či jiné úpravy. Celý stůl je vytvořen ze svařovaných čtyřhranných profilů a prostorově řešen tak, aby nepřekážel v činnosti výtahu a neovlivňoval jej. Na spodní části stolu jsou přivařeny patky, které se starají o kotvení. O přizvednutí se starají jednotlivé tyče, kterých je celkem 16, 12 krátkých a 4 dlouhé. Jedná se o tyče o průměru 30 mm, které mají na jedné své straně závit. Tento závit je z důvodu, kdy budou vloženy do předvrtaných děr v rámu, tak se zajistí z obou stran maticemi M30. Tyto matice mají dvojí důvod, jedním je jednoduchá montáž a druhým, tím podstatnějším je, že se tím můžou přesně ustavit do konkrétní, a hlavně stejné výšky.

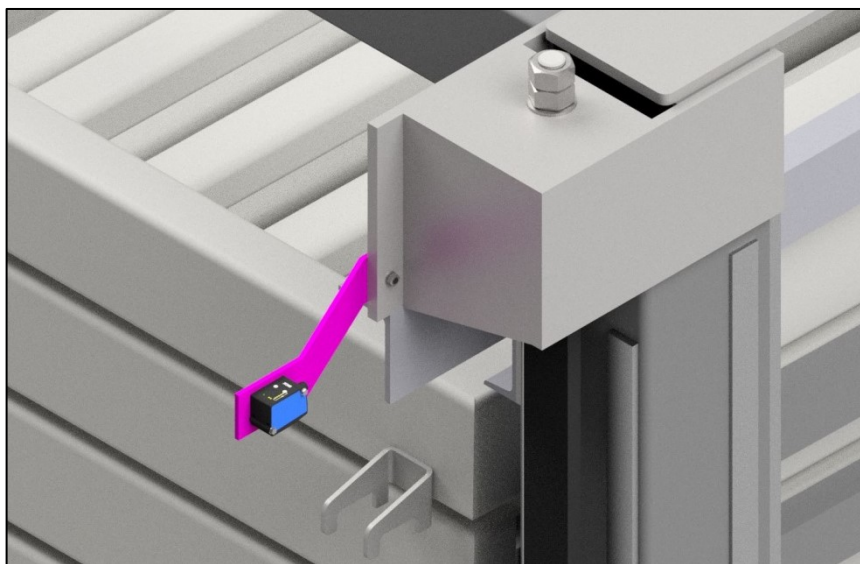
Jelikož se jedná o prvek, na který boční síly působí jen minimálně, stačí jej kotvit obyčejnými kotvami. Pro tento účel volím kotvy do betonu M10x80. V případě jiného druhu podlahy, předepíše výrobce alternativní kotvy.



Obr. 24 Podkladový stůl

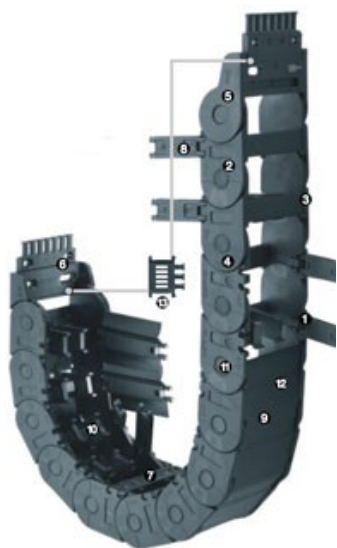
6.2.7 Snímač polohy

Na začátku, když jsme volili jednotlivé funkční prvky zařízení, tak jsme vybrali, že jako snímač polohy bude enkodér, který bude snímat aktuální pootočení vůči řetězu. Kdy by na enkodéru bylo řetězové kolo, které by se odvalovalo po řetězu. Od tohoto úmyslu jsem nakonec ustoupil z důvodu nedostatku místa, kdy by se musela upravovat výška věže, či konstrukce výtahu pro umístění enkodéru, aby měl dostatečný prostor. Proto jsem se rozhodl pro použití laserového snímače vzdálenosti. Snímač jsem použil od společnosti SICK, jelikož s jejich výrobky mám již zkušenost a zvolil typ DT35. Tento typ měří od vzdálenosti 50 mm do 12 m s rozlišením 1 mm, což pro je pro naše použití dostatečné. Od prvotního plánu snímat vzdálenost výtahu od země jsem upustil, kvůli možnosti znečištěné podlahy, či v případě, že by neznaly pracovník něco do prostoru položil, tak by ovlivnil změření vzdálenosti i chodu zařízení. Proto jsem se rozhodl umístit snímač na vrchol věže a snímat aktuální vzdálenost ramene výtahu od vrcholu zařízení. Snímač je umístěn na konzoli, kde ji uchycen pomocí dvojice šroubů velikosti M4. Tento snímač má možnost ustavení náklonem. Konzola je přišroubována k horní části věže pomocí dvojice šroubů M8, kde se dá horizontálně ustavit. Laserový paprsek míří na čtvercová hlavní profil pravého ramene.



Obr. 25 Laserový snímač polohy

6.2.8 Rozvody energií



Pro toto zařízení musí být navrženy také rozvody energií. Pro laserový snímač polohy volím kabeláž vedenou uvnitř předního sloupu. Toto řešení je ideální, jelikož sloup je dutý a takhle nebude kabeláž vidět a ani nehrozí její poškození. Pro přívod energií k výtahu budu volit energetický řetěz od společnosti Igus řady 2700 s šířkou 75 mm.

Obr. 26 Energetický řetěz Igus [17]

6.2.9 Kotvení

Jakožto velké zařízení, je potřeba toto zařízení i kotvit proti převrácení. I když většina hmotnosti je na stacionární věži, která se nehýbe, je potřeba už jen kvůli otřesům použít určené kotvení. V případě, že věž stojí u zdi haly, či je zadem spojená s nějakým jiným pevným objektem, dá se ukotvit ve své maximální výšce k němu. Toto kotvení samozřejmě je v kombinaci s kotvami do podlahy, ale takové kotvení například ke konstrukci haly je ideální. Přesněji se toto kotvení ke konstrukci haly bude řešit individuálně dle potřeb každého zákazníka a vlastností provozu.

Kotvení k podlaze výrobní je potřebná a velmi důležitá část. na podstavci věže jsou připraveny díry pro použití kotev. Jedná se o kotvy M20 a M16, jejich počet a typ je odlišný pro každé zařízení. Jsou zde faktory, které to ovlivňují, jako například: použití kotvení ke konstrukci haly, celková výška zařízení, oblast, ve které se zařízení nachází, otřesy z ostatních strojů, či druh podkladu.

6.2.10 Bezpečnostní prvky

Jako každé zařízení v dnešní době, i toto má své bezpečnostní prvky. Základní aktivní prvky jsou vždy součástí zařízení. Mezi ně se řadí hlavně optické závory, které zamezují nepovolenému vstupu lidí do prostoru zařízení, když probíhá právě vydávání materiálu, či zabezpečení řídicího systému heslem pro omezení přístupu nekvalifikovaným lidem. Dále se nabízí volitelné prvky, které jsou dle přání zákazníka. Můžou to být snímače otřesů, které se používají v zemích, kde je pravděpodobnost zemětřesení, či více optických závor pro lepší zabezpečení. Dále je také možností místo optických závor použít plot okolo zařízení, který se uzavře při započítí výdeje materiálu. Tyto možnosti už se určují dle požadavků zadavatele zakázky.

6.3 Variabilita zařízení

Celé zařízení je konstruováno tak, aby nabízelo více variabilních řešení pro potřeby zadavatele. U tohoto zařízení se jedná hlavně více variant věže, kdy se použije stejný výtah a také zařízení, ale věž se může použít různé výšky pro potřeby různých podniků. Také jednotlivé šuplíky mohou být různé, kdy standardně je zařízení dodáváno se šuplíky nosností 5t, ale je možnost je nahradit menšími nosnostmi 3t. Toto umožní použití více menších šuplíků. Další možností je použití čidel pro zjištění hmotnosti materiálu. Toto může být pomůcka při naskladňování, že se bude vědět kolik každého materiálu je, a také to plní funkci bezpečnostní, kdy v případě nadměrné hmotnosti se materiál nezaskladní. U velkých zakázek je také možno po konzultaci se zákazníkem měnit také jiné rozměry zařízení.

7. Kontrolní výpočty

Kontrola motoru s převodovkou výtahu

Tato kontrola je pro důvod, zdali námi navržený motor zvládne utáhnout výtah se skutečnou hmotností všech komponent, které nám vyšli.

$$R_{řk1} - 65 \text{ mm} = 0,065 \text{ m}$$

$$m_{\text{výtahu}} - 1\,262 \text{ kg}$$

$$m_{\text{šuplíku}} - 436 \text{ kg}$$

$$m_{\text{pš}} - 90 \text{ kg}$$

$$m_{\text{pv}} - 441 \text{ kg}$$

$$m_{\text{m}} - 5\,000 \text{ kg}$$

$$m_{\text{ř}} = 16,26 \text{ kg}$$

$$m_{c1} = m_{\text{M}} + m_{\text{pv}} + m_{\text{pš}} + m_{\text{šuplíku}} + m_{\text{výtahu}} + m_{\text{ř}} = 5\,000 + 90 + 441 + 436 + 1\,262 + 16,26$$

$$m_{c1} = 7\,245,26 \text{ kg}$$

$$F_{c1} = m_{c2} \cdot g = 7\,245,26 \cdot 9,81 = 71\,076 \text{ N}$$

$$M_{c1} = F_{c1} \cdot R_{řK1} = 71\,076 \cdot 0,065 = 4\,619,94 \text{ N}\cdot\text{m}$$

Pro určení motoru pro naše zařízení je třeba ještě započítat účinnosti ložisek a řetězu

$$\eta_{\text{ř}} = 0,97$$

$$\eta_{\text{vl}} = 0,98$$

$$\eta_c = \eta_{\text{ř}} \cdot \eta_{\text{vl}}^3 = 0,97 \cdot 0,98^3 = 0,913$$

$$M_c = \frac{M_{c1}}{\eta_c} = \frac{4\,619,94}{0,913} = 5\,060,175 \text{ N} \cdot \text{m}$$

$$\text{Moment na výstupu motoru} - M_{\text{m}} = 5\,422 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Celková bezpečnost motoru

$$k_m = \frac{M_c}{M_m} = \frac{5\,422}{5\,060,175} = 1,072$$

Jako bezpečnost proti přetížení motoru nám vyšla přibližně 1,072. Tato hodnota je dobrá, neboť se počítá pouze s občasným chodem motoru a také většinou se nebude jednat o plně šuplíky, ale materiálu bude různé množství s různou hmotností.

Rychlost pohybu výtahu

$$n_m = 33 \frac{1}{\text{min}} = 0,55 \frac{1}{s}$$

$$v = 2\pi \cdot R_{\text{řk1}} \cdot n_m = 2\pi \cdot 0,065 \cdot 0,55 = 0,225 \frac{m}{s}$$

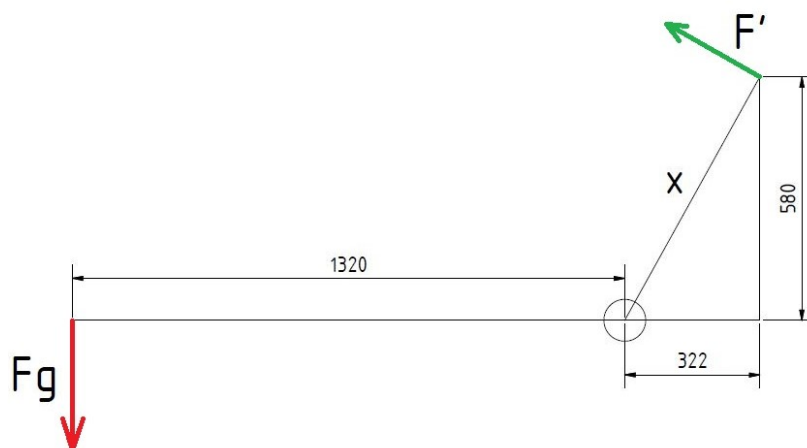
Vzhledem k malé rychlosti, postačí ložiska kontrolovat pouze staticky

Kontrola zadního opěrného ložiska

Pro určení zatížení, které bude působit na zadní opěrné ložisko, je potřeba nejprve určit velikost síly a také souřadnice těžiště celého výtahu i s šuplíkem, ve kterém bude materiál o dané maximální přípustné hmotnosti 5t.

V prostředí programu Inventor jsme si umístili celou sestavu výtahu, vozík a plech o rozměrech 2 x 3 m a hmotnosti 5 000 kg. Následně z vlastností zjistili naši nejdůležitější souřadnici X těžiště, tedy vzdálenost těžiště od osy otáčení a také další důležité rozměry pro náčrt a následný výpočet.

Celková hmotnost – $m_{cl} = 7\,245,26 \text{ kg}$



Obr. 27 Schéma výpočtu síly působící na těžiště

Nejprve si musíme vypočíst rozměr X

$$X = \sqrt{322^2 + 580^2} = 663,389 \text{ mm}$$

Následně potřebujeme spočítat sílu F_g a poté kroutící moment kterým výtah působí

na osu otáčení.

$$F_g = m \cdot g = 7\,245,26 \cdot 9,81 = 71\,076\,N$$

$$M_g' = F_g \cdot 1,32 = 64\,419,3 \cdot 1,32 = 93\,820\,N \cdot m$$

Jelikož máme 2 ramena, tudíž se síla rozloží na obě, musíme počítat s polovičním kroutícím momentem.

$$M_g = \frac{M_g'}{2} = \frac{93\,820}{2} = 46\,910,16\,N \cdot m$$

$$F' = \frac{M_g}{X} = \frac{46\,910,16}{0,663} = 70\,754,389\,N$$

Dle katalogu najdeme základní vlastnosti ložiska NUKR 90, pro náš případ nás především zajímá statická tuhost.

$$C_0 = 102\,kN$$

Následně můžeme pomocí těchto údajů vypočíst statickou bezpečnost

$$k_s = \frac{C_0}{F'} = \frac{102\,000}{70\,754,389} = 1,442$$

$$k_s \geq 1,3$$

Podmínka bezpečnosti je splněna, 1,442 je dostačující statická bezpečnost vzhledem k pouze proměnlivému zatížení výtahu a také k tomu, že síla je počítána pro maximální zatížení vozíku, které nastane zřídka kdy.

Kontrola řetězu

Řetěz kontrolujeme pouze staticky na tah

$$F_g = 71\,076\,N$$

$$F_B = 110\,kN$$

$$k_{\text{ř}} = \frac{F_B}{F_g} = \frac{110\,000}{71\,076} = 1,548$$

$$k_{\dot{\gamma}} \geq 1,3$$

Podmínka bezpečnosti je splněna

Kontrola kol

Hnací kolo

$$F_v = \frac{F_g}{2} = \frac{71\,076}{2} = 35\,538\,N$$

Počet ložisek na každé kolo bude 2, tedy i síla se kterou se bude počítat se musí dle toho přepočítat.

$$F_{v1} = \frac{F_v}{2} = \frac{35\,538}{2} = 17\,769\,N$$

Statická únosnost ložiska SKF NU 209 ECM je 64 kN.

$$k_{kh} = \frac{64\,000}{17\,769} = 3,602$$

Kontrola vodících kol

Síla působící na ložisko

$$F_{vk} = \frac{F_{v1}}{2} = \frac{17\,769}{2} = 8\,884,5\,N$$

$$F_K = \sqrt{2 \cdot F_{VK}^2} = \sqrt{2 \cdot 8\,884,5^2} = 12\,564,58\,N$$

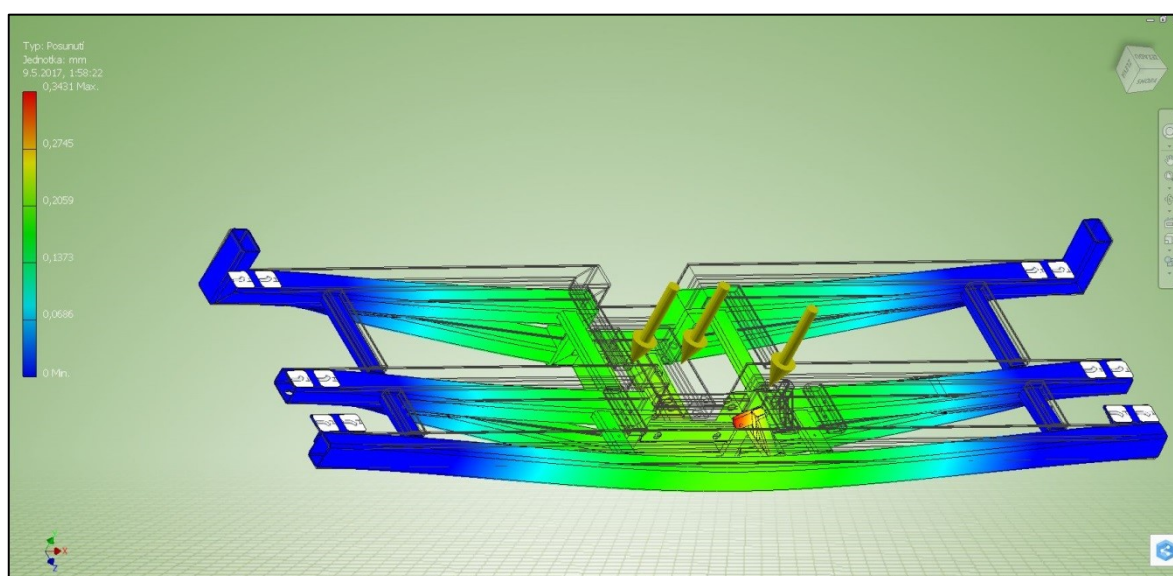
Statická únosnost ložiska SKF SKF NU 1008 ML je 26 kN.

$$k_{kv} = \frac{26\,000}{12\,564,589} = 2,069$$

8. SIMULACE

Jako prvek, který jsme podrobili simulaci je rámový držák motorů a vedení. Tuto součást jsem vybral do simulace z důvodu toho, že je nová a zajímá nás celková deformace dle síly od motorů.

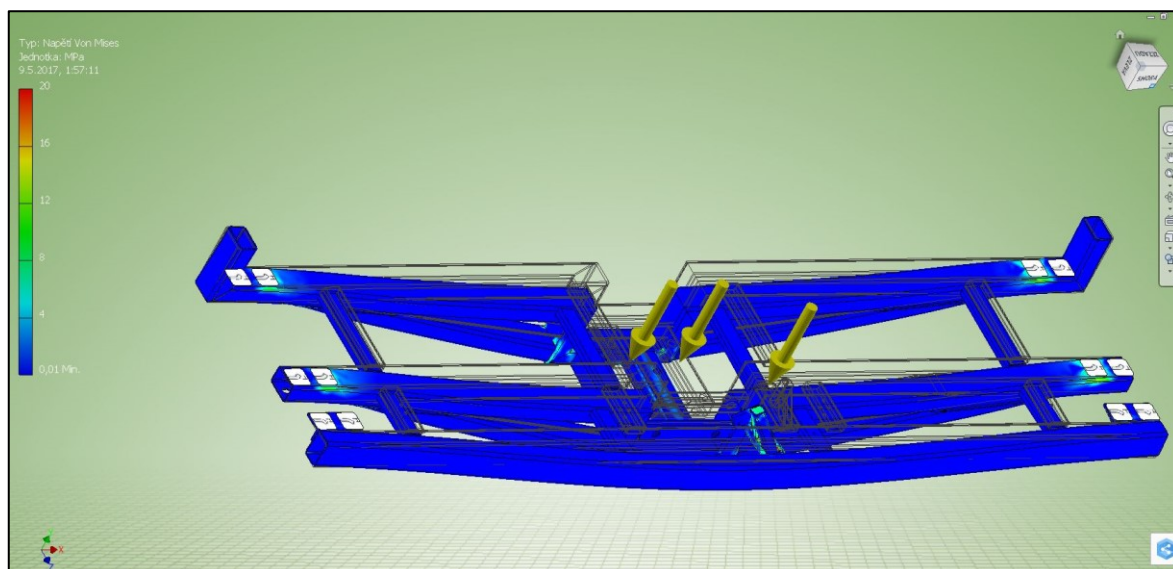
Vazby jsem nadefinoval tak, že díry pro uchycení k ramenům výtahu jsou pevné a síly působí na rám od motorů. Na spodní podstavu velkého motoru jsem umístil sílu 4 326 N a na konzoli, která drží malý motor, jsem nechal působit sílu 883 N.



Obr.28 Analýza celkového posunutí

Dle analýz, které byly provedeny jsme mohli zjistit, že celkové prohnutí konstrukce bude v řádu několika desetin mm. Toto číslo je v mezích, takže ohledně prohnutí v pořádku, když vezmeme v úvahu celkový rozměr konstrukce.

Dále jsme provedli také pevnostní analýzu, kde jsme všechny vazby nechali stejné a rovněž použili i stejné zatížení.



Obr. 29 Pevnostní analýza rámu zařízení

Pevnostní analýza nám také proběhla úspěšně a dala nám celkem relevantní výsledky. Pokud vynecháme výsledky napětí, které vzniklo v minimálním měřítku v oblasti pevné vazby, můžeme vidět, že maximální hodnoty se pohybují kolem 20 MPa, což je naprosto v pořádku

9. ANALÝZA ÚSPOR

Dle požadavků jsem měl za úkol navrhnout úpravu zařízení pro snížení jeho ceny a zefektivnění montáže u zákazníka. U mého návrhu lze téměř celý výtah smontovat již před převozem na místo montáže u zákazníka, což je výhodou ohledně ceny montáže, která se sníží.

Pohon na vozíku má také výhodu z pohledu změny výšky zařízení, kde se bude měnit pouze konstrukce věže a výtah bude stále stejný.

U návrhu zařízení jsem také postupoval s ohledem na snížení ceny celého zařízení. Zmenšil jsem počet některých prvků. U současného zařízení je o 2 vodící kola méně, to šetří 2 řetězová kola, 2 hřídele a 4 ložiska. Další úpravou, která měla vliv na snížení ceny je změna délky řetězu pro pohon výtahu. Z původních 13 770 mm se zkrátil na 6 155 mm.

Koeficient ušetření materiálu řetězu

$$k_{mř} = \frac{13\,770 - 6\,155}{13\,770} = 0,553 \cong 55\%$$

Délka řetězu a tím pádem i jeho cena se snížila o více než 50 %. Také díky umístění motoru se snížila potřeba profilů, kdy předtím měl každý motor pro svou tíhu a vedení svůj rám, teď leží na jednom společném.

10. ÚDRŽBA A MAZÁNÍ

Jako každé jiné zařízení, i toto vyžaduje pravidelnou údržbu a mazání. Frekvence těchto činností závisí na více faktorech, které je ovlivňují. Jedná se hlavně o frekvenci užívání, prašnost prostředí, či provozní teplota.

Mazání doporučuji provádět u občasných provozů minimálně jednou za rok. U zařízení, které se ovšem hojně využívá, musí být tato frekvence menší, to znamená, že ideálně i jednou měsíčně. Pro mazání se doporučují tuhá maziva. Tyto maziva se volí podle prašnosti prostředí a také jeho teploty. Mazací místa jsou hlavně řetěz a opěrná ložiska NUKR.

Údržba je doporučena provádět dle potřeby. Součástí údržby by měla být i kontrola zařízení. Tato kontrola by měla být vždy v intervalu jednoho až dvou let. Její součástí je vizuální kontrola řetězu, opěrných ložisek a správné funkce laserového snímače vzdálenosti. Také je potřeba překontrolovat bezpečnostní prvky zařízení, bez kterých zařízení nemůže správně fungovat bez ohrožení osob.

Dané intervaly mazání jsou orientační a pouze doporučené

11. ZÁVĚR

V této práci jsem se zabýval především návrhem výtahového mechanismu zakladače. Při návrhu jsem postupně vytvořil požadavkový list, ze kterého jsem vycházel při tvorbě funkční struktury a morfologické matice. Jednotlivé prvky morfologické matice jsem poskládal do tabulky a vzájemně ohodnotil, abych zjistil ideální varianty prvků, které použít. Díky tomuto zhodnocení jsem se poté rozhodoval mezi třemi variantami, které jsem popsal a taktéž ohodnotil. Ve výsledku jsem použil řešení, kdy je pohon výtahu pomocí elektromotoru a řetězového mechanismu, s tím, že hlavní motor je umístěn na výtahu. Po zvolení konceptu jsem postupoval v návrhu.

Motor se pomocí řetězového kola odvaluje po řetězu, a tím uvádí výtah do pohybu. Změnou prošla také konstrukce věže a celkového výtahu. Museli jsme použít jiný motor, jelikož původní motor měl menší sílu, protože původní řetěz byl veden na principu kladkostroje. Nový způsob fungování ovšem vede napřímo, takže motor musel být o to silnější.

Jako problémy, které mi ztížily návrh a konstrukci byly například problém správně navrhnout uchycení motoru výtahu vzhledem k jeho výšce, kde je to řešeno, že po montáži se musí odšroubovat montážní oko na vrcholu motoru, které by překáželo vysunutí šuplíku. Další problém se objevil při navrhování snímače polohy výtahu, kde původně měl být snímač pootočení, který snímal řetěz, ale nakonec kvůli nedostatku místa jsem se uchýlil k použití laserového snímače polohy.

Při návrhu jsem vycházel z požadavků a pracoval dle rozměrů danými konstrukcí původního modelu.

Použité zdroje:

[1] Skladování [Online]

<https://cs.wikipedia.org/wiki/Skladov%C3%A1n%C3%AD> [Citováno 2. Května 2017]

[2] Skladování a logistika [Online]

<http://skladovani.yonix.cz/> [Citováno 2. Května 2017]

[3] Mechanicky ovládané spojky [Online]

http://4tlb.wz.cz/files/mp/hrouda/formalni_cast.pdf [Citováno 2. Května 2017]

[4] Odhalmova spojka [Online]

<http://www.autolexicon.net/cs/articles/oldhamova-spojka/> [Citováno 2. Května 2017]

[5] Hřídelové spojky [Online]

http://www.haberkorn.cz/files/file/pohonne-systemy/ke-stazeni/13_kloubove+drzkove-hridele_web.pdf [Citováno 2. Května 2017]

[6] HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. *Příručka strojního inženýra 1: spoje, otočná uložení, hřídelové spojky, akumulátory mechanické energie*. Praha: Computer Press, c1999. ISBN 80-7226-055-3

[7] JVANĚČEK, Václav. *Manipulace, přeprava a skladování hutních materiálů*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1982.

[8] Společnost Kredit [Online]

<http://www.kredit.cz/vyrobky/sklady/skladovani-plechu/> [Citováno 2. Května 2017]

[9] HOSNEDL, Stanislav a Jaroslav KRÁTKÝ. *Příručka strojního inženýra 2: převodové mechanismy*. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-202-5

[10] Vlnovcové spojky [Online]

<http://www.uzimex.cz/Sortiment/Spojky/StS-Coupling/Spojky-s-vlnovcem/WK7.html>

[Citováno 2. Května 2017]

[11] Spoje hřídelů [Online]

http://www.haberkorn.cz/files/file/pohonne-systemy/ke-stazeni/13_kloubove+drazkove-hridele_web.pdf [Citováno 2. Května 2017]

[12] Ferretto group – výrobce zakladačů [Online]

<http://ferrettogroup.com/company/about-us> [Citováno 2. Května 2017]

[13] Remmert – výrobce zakladačů [Online]

<https://www.remmert.de/en/> [Citováno 2. Května 2017]

[14] HUBKA, Vladimír. *Konstrukční nauka-obecný model postupu při konstruování*. 2. přepracované a doplněné vydání přeložil a k vydání připravil Stanislav Hosnedl. 2.vyd. Zurich: Heurista, 1995. 118 s. ISBN 80-90 1135-0-8

[15] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5. upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4.

[16] NORD – výrobce pohonů [Online]

<http://nord.com/> [Citováno 5. Května 2017]

[17] Igus – výrobce energetických řetězů [Online]

http://www.igus.cz/iPro/iPro_01_0025_0011_CZcs.htm?c=CZ&l=cs/
[Citováno 5. Května 2017]

SEZNAM PŘÍLOHY

1 – Výkresová dokumentace

2 – CD

3 – Technické parametry motoru a převodovky

4 – Typy vlnovcových spojek